

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE — MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

---

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

---

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

---

ÉTUDE DE QUELQUES ASPECTS DE L'ALIMENTATION  
DE LA CROISSANCE ET DE LA SÉCRÉTATION DE LA SOIE  
CHEZ *BOMBYX MORI* L.

VARIATIONS DES CARACTÈRES DU COCON ET DU FIL DE SOIE

par René FRAISSE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
7, rue Kepler - Paris





ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

---

---

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

---

ÉTUDE DE QUELQUES ASPECTS DE L'ALIMENTATION  
DE LA CROISSANCE ET DE LA SÉCRÉTATION DE LA SOIE  
CHEZ *BOMBYX MORI* L.

VARIATIONS DES CARACTÈRES DU COCON ET DU FIL DE SOIE

par René FRAISSE







Digitized by the Internet Archive  
in 2025



ÉTUDE DE QUELQUES ASPECTS DE L'ALIMENTATION,  
DE LA CROISSANCE ET DE LA SÉCRÉTION DE LA SOIE  
CHEZ *BOMBYX MORI* L.

VARIATIONS DES CARACTÈRES DU COCON ET DU FIL DE SOIE



## PLAN DU MEMOIRE

### Introduction

## PREMIÈRE PARTIE

### L'ALIMENT

- I. — Considérations générales
- II. — Les élevages expérimentaux pour l'étude des relations : alimentation, croissance, sécrétion soyeuse
- III. — Caractères des différentes classes d'aliments utilisés
  - A) Caractères physiques
  - B) Caractères chimiques
- IV. — Conclusions relatives à la première partie

## DEUXIÈME PARTIE

### BIOLOGIE ET CROISSANCE LARVAIRES

- I. — La prise de nourriture et l'intensité de l'ingestion
- II. — La croissance larvaire totale
  - A) Les données bibliographiques
  - B) Nos résultats
    - 1° Les caractères de la croissance larvaire
    - 2° Influence de l'alimentation
      - a) Les poids larvaires
      - b) Durée de la vie larvaire
      - c) Les croissances larvaires
    - 3° Variations liées au sexe
- III. — Les caractères du cycle larvaire
- IV. — L'état sanitaire
- V. — Le degré d'homogénéité des populations
- VI. — Croissance des glandes séricigènes
  - A) Essais antérieurs
  - B) Technique de travail
  - C) Analyse des résultats
    - 1° Variation de la croissance pondérale à l'intérieur de chaque population
    - 2° Evolution du poids larvaire en fonction du régime alimentaire



- 3° Alimentation et croissance glandulaire
- 4° Comparaison des croissances glandulaire et larvaire totales
- 5° Variations de la teneur en eau des glandes séricigènes et de l'ensemble des tissus larvaires

VII. — Variations pondérales pendant la vie nymphale

VIII. — Conclusions générales relatives à la deuxième partie

## TROISIÈME PARTIE

### LA SÉCRÉTION DE LA SOIE, LE COCON ET LA FIBRE

#### CHAPITRE I

Les caractères biométriques du cocon.

- I. — Méthode et matériel
- II. — Influence de l'alimentation sur les caractères du cocon pris isolément
- III. — Etude des corrélations entre les caractères du cocon
- IV. — Conclusions

#### CHAPITRE II

Les caractères biométriques des produits de filature du cocon.

- I. — Technique utilisée
- II. — Influence de l'alimentation sur les caractères des produits de filature
- III. — Les liaisons entre les caractères du cocon et des produits de filature
  - A) Corrélations entre chaque paire de caractères
  - B) Recherche d'une fonction discriminante
  - C) Variations de quelques rapports caractéristiques
- IV. — Conclusions

#### CHAPITRE III

Étude des fibres de soie. Préparation des échantillons

#### CHAPITRE IV

Diamètre de la fibre de soie.

- Section I. — Considérations générales
- Section II. — Les fibres formées avant la maturité larvaire
  - I. — Conditions expérimentales
  - II. — Analyse des résultats
- Section III. — La fibre dévidable du cocon
  - I. — Matériel et mode expérimental
  - II. — Les résultats

- A) Variations en des points très voisins d'une même fibre
- B) Variations le long d'une même bave
- C) Comparaisons entre cocons d'un même lot
- D) Influence de la race
- E) Influence du régime alimentaire de la larve

**Section IV. — Les éléments non dévidables du cocon**

**Section V. — Aplatissement de la section de la fibre**

**Section VI. — Discussion au sujet du mécanisme de l'émission du fil**

**Section VII. — Nos conclusions**

CHAPITRE V

**Titre de la fibre de soie.**

**I. — Généralités et technique de mesure**

**II. — Les résultats**

- A) Variations le long d'une même bave
- B) Comparaisons entre cocons
- C) Comparaisons entre races
- D) Influence du régime alimentaire de la larve

**III. — Conclusion**

CHAPITRE VI

**Propriétés dynamométriques des fibres de soie.**

**I. — Considérations générales**

**II. — Technique opératoire**

**III. — Les résultats**

- A) Variations en des points très voisins d'une même fibre
- B) Variations le long d'une même bave
  - 1. Caractères dont la valeur est fonction de la position le long du fil
  - 2. Caractère dont la valeur est indépendante de la position le long du fil
  - 3. La ténacité de rupture
  - 4. Le coefficient de charge utile
  - 5. La ténacité spécifique
  - 6. Le coefficient d'allongement utile
  - 7. Le coefficient d'allongement élastique
  - 8. Le coefficient d'allongement élastique spécifique
- C) Influence du régime alimentaire et du sexe de la larve

**IV. — Conclusions**

CHAPITRE VII

**Fibroïne et sérécine dans la fibre de soie.**

**I. — Introduction et technique de travail**

**II. — Examen des résultats**

- A) Variations le long d'une même bave

- B) Comparaison entre les diverses couches d'un même cocon
- C) Influence de la race
- D) Influence du régime alimentaire de la larve
- E) Influence du sexe

### III. — Conclusions

## CHAPITRE VIII

### Lousiness de la fibre de soie.

- I. — Généralités et méthode de travail
- II. — Les résultats

## CHAPITRE IX

### Variabilité des caractères de la fibre de soie.

- I. — Variabilité dans une même fibre
- II. — Variabilité entre cocons d'un même lot
- III. — Variabilité entre lots différents
- IV. — Conclusions

## CHAPITRE X

### Les liaisons entre les caractères dans le cocon et dans la fibre de soie.

- I. — Corrélations le long d'une même fibre
- II. — Corrélations entre les caractères de la fibre de soie
- III. — Corrélations entre les caractères du cocon et ceux de la fibre de soie.
- IV. — Conclusions

## APPENDICE

### ALIMENTATION DES VERS A SOIE AVEC DES FEUILLES DE LAITUE

- Conclusions générales
- Données numériques
- Références bibliographiques
- Tables des graphiques
- Tables des figures
- Tables des données numériques



## INTRODUCTION

La sériciculture, c'est-à-dire l'art d'élever les vers à soie, est pratiquée en Chine depuis un temps immémorial. Les annales les plus anciennes, datant de 2 600 ans avant J.-C., attribuaient à l'Impératrice Si-Ling-Chi l'honneur d'avoir, la première, élevé des vers à soie et dévidé leurs cocons.

Dès cette époque, la seule nourriture utilisée pour alimenter ces larves consistait en des feuilles fraîches de mûrier, encore rattachées à leurs rameaux ou séparées de ceux-ci. Il est vrai que, par la suite, nombreux sont ceux qui ont essayé de substituer d'autres végétaux au mûrier, ou même de mettre au point une alimentation artificielle. Mais, pour l'instant, tous les essais réalisés n'ont pas permis d'obtenir dans ces conditions une récolte de cocons suffisante pour qu'une application agronomique soit possible.

Grâce aux Arabes, la sériciculture s'est largement répandue dans tout le bassin méditerranéen dès le VIII<sup>e</sup> siècle. Mais, elle s'y est toujours limitée à *un seul élevage annuel de printemps*. Il est vrai que depuis longtemps des essais d'éducation retardée ont été réalisés soit en été, soit en automne, mais les faibles rendements en cocons ainsi obtenus n'ont pas incité les sériciculteurs à multiplier les élevages au cours de toute la période végétative du mûrier.

Les causes de l'élevage annuel unique peuvent être imputées soit à l'insecte lui-même, soit aux facteurs climatiques auxquels il est soumis, soit enfin au régime alimentaire.

En ce qui concerne le ver à soie, nous savons depuis longtemps que les élevages multiples sont possibles, même à partir de races univoltines, grâce au perfectionnement des techniques de conservation des œufs ou à la mise au point de méthodes pratiques permettant l'éclosion de ces œufs à des dates plus ou moins rapprochées de la ponte.

Le rôle de la température et de l'humidité a été étudié. De nombreux essais expérimentaux, effectués par les Japonais, par notre Laboratoire et par d'autres Chercheurs, ont montré qu'on peut obtenir d'excellents rendements en élevant les vers à soie à des températures comprises entre 20 et 27°C, conditions qui sont toujours réalisées dans la pratique.

Les chenilles supportent également sans dommage d'importantes variations du degré hygrométrique de l'air ambiant, particulièrement au jeune âge. En effet, les éleveurs français maintiennent dans les magna-

neries une ambiance aussi sèche que possible, tandis que les agriculteurs japonais élèvent les jeunes vers dans des boîtes rigoureusement closes dans lesquelles l'atmosphère est presque saturée d'humidité. Et cependant, dans les deux cas les rendements en cocons sont comparables.

Il est vrai cependant que l'excès d'humidité rend plus délicate et plus périlleuse la pratique des élevages au fur et à mesure de l'évolution larvaire. Mais cette difficulté se trouve pratiquement éliminée sous le climat méditerranéen, celui-ci étant par excellence chaud et sec.

La feuille de mûrier est-elle donc la seule cause de cette limitation saisonnière des élevages? Si oui, nous devons penser que les transformations qu'elle subit au cours de son développement doivent modifier profondément ses qualités nutritives.

Nous nous attacherons à étudier ce point qui paraît fondamental, en tenant compte d'une remarque essentielle : la pratique séricicole n'utilise sous nos climats que les feuilles jeunes de mûrier, formées depuis moins de 40 jours. Seules ces feuilles donnent une bonne croissance larvaire, un cocon lourd et riche en soie. Sans doute existe-t-il une raison profonde à ce résultat noté empiriquement par « les éducateurs ».

La feuille de mûrier subissant pendant toute la vie végétative de l'arbre des modifications physiques et chimiques, il importait d'abord de préciser sa composition, ses caractères et les transformations qu'elle subit au cours de son passage progressif de l'état juvénile à la phase sénile.

Ensuite, compte tenu des besoins nutritifs du ver à soie, nous essayerons de mettre en relief les répercussions possibles de l'alimentation (quantité absorbée et composition) sur la vie et le développement de la larve, ainsi que sur la sécrétion soyeuse et ses caractères, en particulier, sur la qualité et la quantité des fibres obtenues.

Dans cette étude, la vitesse et l'intensité de la croissance larvaire, ainsi que le volume et la qualité de la sécrétion de la soie, seront les critères principaux utilisés pour noter la valeur des aliments pris par les chenilles.

Le travail a été fait en précisant d'abord les caractères fondamentaux d'un élevage « type », servant de référence, puis en comparant ses résultats à ceux d'élevages effectués dans des conditions aussi identiques que possible mais s'en distinguant par la modification d'un seul facteur en vue d'en étudier l'influence : régime alimentaire (feuilles d'état physiologique différent), sexe ou race.

En ce qui concerne les travaux déjà publiés nous devons faire remarquer que le plus souvent les différentes études, surtout celles réalisées sur le cocon et le fil, ont été présentées sans préciser les conditions alimentaires de la larve ou même les normes de son élevage : les résultats cités peuvent donc être sujets à caution.

## PREMIÈRE PARTIE

### L'ALIMENT

#### I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Pour étudier l'influence que l'alimentation exerce sur le ver à soie, nous devons considérer la feuille de mûrier non seulement comme une source de principes immédiats, indispensables à la biologie larvaire, mais également comme une substance dont la structure anatomo-morphologique retentit elle-même sur la capacité d'ingestion de l'insecte. Plusieurs facteurs conditionnent en effet l'alimentation de la chenille. Certains de ces facteurs interviennent dans la *prise de nourriture*, tandis que d'autres règlent *l'utilisation de celle-ci*.

Parmi les causes susceptibles de déterminer la prise de nourriture (LEGAY, 1955), nous retiendrons essentiellement pour notre étude l'action d'une substance attractive, et l'influence de l'état physique de la feuille au moment de son utilisation.

Nous savons que le choix des aliments chez les insectes phytophages paraît conditionné par la présence dans les tissus foliaires d'une ou plusieurs substances attractives ayant pour effet d'exciter les terminaisons gustatives et olfactives et par suite de déterminer l'attaque puis l'ingestion de ces tissus. Ceci explique qu'en donnant aux vers à soie un mélange de feuilles de mûrier et d'autres végétaux ils choisissent toujours les premières. TAZIMA (1954) a montré que cette capacité de choix doit être attribuée aux palpes maxillaires, car si on les supprime la larve mange indifféremment des feuilles d'origines diverses.

Si la feuille de mûrier est abandonnée au profit d'un autre aliment, les larves consomment beaucoup moins et utilisent moins bien leur nourriture. D'après LEGAY (1955), cette sous-consommation s'expliquerait par une plus faible excitation des récepteurs sensoriels, aboutissant à une réduction marquée de l'appétit.

Comme nous le verrons ultérieurement, la prise de nourriture est également en relation avec l'état physique de la feuille, lequel contribue à régler l'intensité de l'ingestion.

*L'utilisation des aliments absorbés dépend du degré d'assimilation*



de chacun de leurs constituants, en même temps que de l'intensité de l'excrétion.

Mais le degré d'assimilation est lui-même fonction des *besoins de l'organisme*.

Pour connaître les besoins du ver à soie en principes immédiats, nous avons consulté les traités de physiologie des insectes (CHAUVIN, PORTIER, WIGGLESWORTH) ainsi que les principales publications spécialisées concernant particulièrement *Bombyx mori* : PELIGOT (1853, 1865), KELLNER (1884), HIRATSUKA (1917, 1920), INOUE (1912), COMMENGE et coll. (7 notes de 1947 à 1951), TIMON DAVID (1948), VENEROSO (1955).

Ces auteurs ont analysé les tissus larvaires et déterminé pour chacune des principales substances entrant dans la composition de la feuille de mûrier l'importance relative de la partie retenue par la larve et celle de la fraction rejetée par les excréments. Les analyses comparatives des aliments et des crottes leur ont montré que ces dernières étaient beaucoup plus pauvres que les tissus foliaires en eau, acide phosphorique, protides, lipides, et oses glucidiques. Par contre, les fèces s'enrichissent en cellulose, lignine et substances minérales particulièrement en sels de calcium.

Il en résulte que l'eau et les principales matières organiques constituant la feuille de mûrier sont bien assimilées par la larve à l'exception des colloïdes osogènes du groupe des celluloses, et de la lignine qui dérive de ces dernières.

Par contre, l'utilisation des sels minéraux par la chenille, et particulièrement des sels de calcium, reste toujours très faible.

L'apport en oligoéléments et en vitamines ne doit pas être négligé, quoique peu de recherches aient été faites dans ce domaine chez *Bombyx mori*.

HIRATSUKA (1917, 1920) a déterminé la valeur moyenne de digestibilité de chaque principe contenu dans la feuille de mûrier. Les protéines viennent en tête (62,2 p. 100) suivies par les lipides (58,7 p. 100) et les glucides simples (40,5 p. 100). Les cendres présentent un coefficient de digestibilité inférieur (32,6 p. 100). Enfin la cellulose est pratiquement éliminée en totalité (0,71 p. 100).

Nous résumons :

1<sup>o</sup> L'eau et les protides sont toujours bien assimilés par le ver à soie, et en grande quantité.

2<sup>o</sup> Les lipides et les oses glucidiques sont également bien retenus, mais en quantité moindre.

3<sup>o</sup> Les sels minéraux alcalino-terreux, peu utiles pour le développement de l'organisme, ne sont que faiblement conservés.

4<sup>o</sup> Les colloïdes osogènes du groupe des celluloses, et les lignines

qui en dérivent sont pratiquement rejetés sans être utilisés. Cependant, COMMENGE (1948) et NENCY (1922) ont signalé que la cellulose des feuilles jeunes est partiellement digérée par le ver ; mais avec l'âge, les parois cellulaires s'enrichissent progressivement en lignine non digestible, de sorte que dans l'ensemble les colloïdes osogènes deviennent inutiles pour la chenille.

Pour KAWASE (1914, 1923) et SUZUKI (1925), les fibres de cellulose traversent le tube digestif sans être retenues. En effet, les examens microscopiques leur ont montré que les parois cellulaires des feuilles sont encore intactes dans le rectum.

Une place toute particulière doit être réservée aux protides, lesquels jouent non seulement le rôle classique de substances plastiques permettant l'accroissement cellulaire, mais constituent également des matières de réserve localisées soit dans le milieu intérieur, soit dans certains tissus. Pendant le dernier intermue une importante fraction de ces réserves protidiques est véhiculée par l'hémolymph jusqu'au niveau des cellules des glandes séricigènes et transformée en matière soyeuse. Cette soie, que ALLEGRET (1956) et L'ESPERON (1937) considèrent comme un produit d'excrétion, est éliminée dans sa presque totalité à la fin de la vie larvaire sous la forme d'une longue fibre constituant le cocon. La partie restante sera utilisée par la nymphe pour édifier les nouveaux tissus, et en particulier pour former les cellules sexuelles.

La physiologie des Lépidoptères séricigènes explique donc l'importance primordiale qu'il convient d'accorder aux protides dans le métabolisme de la chenille.

Ayant précisé les besoins du ver à soie, il nous appartient alors de connaître dans quelle mesure la feuille de mûrier est susceptible d'assurer un développement normal de l'insecte en même temps que de permettre l'élaboration de réserves suffisantes.

Pour résoudre ce problème, nous devons d'abord connaître la composition chimique de cet aliment. Mais comme cet aliment subit lui-même chaque jour des modifications au fur et à mesure de la croissance des feuilles, nous sommes obligé de rapporter toutes les analyses chimiques à un stade précis de la physiologie du mûrier.

Nous avons remarqué que les travaux publiés jusqu'à ce jour, concernant les variations chimiques de la feuille de mûrier pendant toute la période végétative, ne portent en général que sur des échantillons prélevés en deux ou trois fois au cours d'un laps de temps très réduit (20 à 40 jours) et ne tiennent pas compte des phases typiques de la physiologie de l'arbre. Le plus souvent également, il n'est donné aucune précision sur la variété analysée, la technique de ramassage, la date et l'heure de la récolte, la nature du sol, etc. Et pourtant toutes ces données sont indispensables si l'on veut pouvoir comparer les résultats analytiques

car chaque facteur influe sur la répartition des éléments minéraux et organiques dans les tissus végétaux.

Cependant, nombreuses sont les publications se rapportant à la constitution chimique des feuilles de *Morus alba*. Nous pouvons citer particulièrement les suivantes : ANONYME (1910), ARSENIÉV (1946), BRESCI (1951), CHROUSTALEF (1938), COLOMBO (1934), COMMENGE et coll. (1947, 1948), DEMIANOVSKI (1933, 1944) EFIMENKO (1940), GUIGAOURI (1955), HATANO cité par JENDA (1930), HIRATSUKA (1920), INOUE (1916, 1920), KAWASE (1914 *a* et *b*, 1918, 1923, 1928), KELLNER (1884), KISHI (1931, 1933, 1936), KOMETNANI et TCURADZE (1933), LEBEDEF (1936), LIO-SIN (1937), MAKAREVSKAYA (1945), NENCY (1922), PELIGOT (1853, 1865), QUAJAT et JORDANOFF (1894), ROBINET (1840), ROLLOV (1913), SESTINI (1872), SUZUKI (1920, 1925), THEODOROFF (1932), VENEROSO (1937, 1940, 1948), VERNON (1874).

D'autres études d'origine japonaise ou soviétique portent sur les feuilles destinées à l'alimentation des vers à soie sauvages :

— *Betula alba* : DEMIANOVSKI (1951),

— *Castanea sativa* : SHINODA (1925),

— *Quercus robur* : ARSENIÉV (1946), SERENKOF (1940), KOJANTCHIKOV (1948).

Pour les raisons déjà signalées, les résultats analytiques diffèrent d'un auteur à un autre. Mais, les comparaisons entre échantillons prélevés, soit sur un même arbre à des époques diverses, soit en des points différents d'un même rameau aboutissent à des résultats en général concordants.

Une conclusion générale découle des travaux de tous ces auteurs : *Les feuilles subissent d'importantes variations dans leur constitution chimique, selon leur stade de développement.*

Pour notre travail, nous présenterons brièvement les résultats obtenus par ces auteurs, en considérant successivement l'évolution de la teneur en matières minérales et en matières organiques des feuilles de mûrier.

## A. — Les matières minérales.

### 1° Eau et matières sèches.

*Les feuilles juvéniles sont plus aqueuses que celles ayant atteint leur plein développement*, ce qui explique que ROBINET ait noté un abaissement progressif dans la teneur en eau de chaque feuille d'un rameau, selon sa position, en allant de la région apicale (76,5 p. 100) à la région basale (63,6 p. 100) pour la variété *Rosa*.

## 2<sup>o</sup> Cendres et matières minérales.

Si les valeurs trouvées par les différents auteurs sont très variables, il convient surtout de retenir que tous ceux qui ont fait des analyses à des époques différentes, sont d'accord pour signaler un *accroissement du poids relatif des cendres à mesure que la feuille mûrit*.

KELLNER (1884) trouve un chiffre moyen de 7,7 p. 100 dans les feuilles de printemps et de 9,0 p. 100 dans celles d'automne.

En 1933, DEMIANOVSKI a étudié les variations du taux des cendres pour des groupes de feuilles prélevés dans les régions apicales, moyennes et basales d'une branche. En 1944, il a analysé séparément chacune des feuilles d'un rameau selon sa position sur celui-ci. Il résulte de ces analyses qu'à un même moment le taux des cendres décroît, d'abord de la première feuille apicale à la cinquième, puis augmente lentement jusqu'à la dernière feuille basale. Enfin, de juin à septembre, une même feuille s'enrichit progressivement en éléments minéraux. Retenons les deux cas extrêmes :

Feuilles apicales de juin : 8,60 p. 100 ;

Feuilles basales d'octobre : 21,80 p. 100.

Tous ces auteurs notent non seulement une différence d'ordre quantitatif, mais ils remarquent que chez les feuilles jeunes les cendres sont surtout riches en produits solubles, tandis qu'à maturité, elles sont constituées en grande partie par des salicylates et des sels de calcium insolubles.

Parmi les substances minérales retirées des cendres, nous retiendrons particulièrement les phosphates, la potasse, la chaux, la magnésie et la silice (<sup>1</sup>).

La teneur des cendres en sels alcalino-terreux, et particulièrement en chaux, de même d'ailleurs qu'en silice, *s'élève progressivement à mesure que la feuille de mûrier approche de sa maturité*.

Au contraire, le taux de potasse diminue dans les mêmes conditions.

## B. — Les matières organiques.

### 1<sup>o</sup> Protides.

La teneur en protides totaux est en général déduite de l'analyse de l'azote total, tandis que la richesse en nucléoprotéides peut être appréciée à partir de la recherche du taux d'acide phosphorique sous la forme de  $P_2O_5$ , quoiqu'une faible partie du phosphore entre dans la constitution des phospholipides.

Les résultats sont tous concordants et donnent des variations de

(<sup>1</sup>) Les variations du taux de l'acide phosphorique seront étudiées en même temps que celles des protides.



même sens pour l'azote total et l'acide phosphorique : *les protides totaux et les nucléoprotéides se raréfient au fur et à mesure que la feuille de mûrier se développe.*

HATANO signale que ce sont les phosphoprotéides qui accusent la diminution la plus forte (4 à 5 fois) lorsqu'on parcourt un rameau de son extrémité vers sa base.

De l'étude de DEMIANOVSKI (1933), faite pour des groupes de feuilles prélevés de juin à septembre sur une branche, nous notons les valeurs extrêmes suivantes :

— L'azote total varie de 4,6 p. 100 (feuilles apicales de juin), à 3,0 p. 100 (feuilles basales de septembre).

— Les protides totaux de 27,8 p. 100 (feuilles apicales de juin), à 18,4 p. 100 (feuilles basales de septembre).

Dans une publication plus récente (1944) il note que de la première à la dernière feuille d'une même branche le taux d'azote total s'abaisse régulièrement de 5,96 à 3,22 p. 100, ce qui constitue une réduction de moitié.

La variation de la teneur en protides est non seulement quantitative, mais liée également à un changement important dans le rapport des divers constituants. Les protides des feuilles juvéniles paraissent avoir une structure plus simple qui explique leur plus grande solubilité dans l'eau ainsi que leur plus grande digestibilité : DEMIANOVSKI (1933), KISHI (1933). D'après ce dernier auteur (1934), plus de 90 p. 100 sont alors retenus par le ver.

INOUE (1916, 1920) recherche et dose les neuf principaux amino-acides au cours de la croissance et conclut que les feuilles jeunes ont les mêmes amino-acides que celles âgées, mais en beaucoup plus grande quantité (3,82 p. 100 contre 1,16 p. 100 exprimé en p. 100 de feuilles fraîches), soit 3 fois plus.

D'après KISHI (1933), la cystine et la cystéine sont peu abondantes dans le bourgeon ; ensuite leur taux augmente avec la croissance de la feuille pour diminuer assez rapidement chez les feuilles âgées. Il trouve également une teneur en azote diaminé, azote aminé et tryptophane plus élevée dans les jeunes feuilles (1936). Enfin, il note que le rapport : partie insoluble partie soluble s'élève progressivement de 4,4 chez les feuilles juvéniles à 7,2 en fin de maturation.

Comme les protéines solubles sont mieux assimilées par le ver à soie, il en résulte un abaissement de leur degré de digestibilité de 79,1 à 65,8 p. 100.

## 2° Les glucides.

Nous distinguerons d'une part les oses et osides, d'autre part les colloïdes osogènes.

### a) OSES ET OSIDES

A mesure que la feuille de mûrier *s'accroît*, la photosynthèse devenant plus active, *le taux de ces glucides augmente*. Il y a toutefois un maximum au moment où le limbe atteint son plein développement. A la fin de l'automne, on note une chute, à l'époque du jaunissement.

KAWASE (1918) énumère les glucides de la feuille de mûrier : arabinose, glucose, fructose, galactose, saccharose, dextrine et amidon, et signale une teneur particulièrement faible en cette dernière substance.

DEMIANOVSKI (1944) étudie les variations de chaque groupe de glucides selon le niveau de la feuille sur le rameau. Il constate que les très jeunes feuilles du sommet des pousses sont pauvres en oses facilement assimilables (glucose, saccharose, fructose). Mais le taux de ces éléments s'accroît très vite pour atteindre un maximum au niveau de la 7<sup>e</sup> feuille. Il y a ensuite une chute progressive.

### b) COLLOIDES OSOGÈNES ET LIGNINE

*La teneur des feuilles en cellulose et en lignine s'accroît avec le développement foliaire.*

## 3<sup>o</sup> Lipides.

Seules les analyses antérieures à 1920 signalent une diminution du taux des lipides avec la croissance de la feuille. Il faut certainement mettre en cause la technique d'analyse et peut-être également la méthode d'échantillonnage.

En tout cas depuis 1920, tous les biochimistes sont d'accord pour affirmer que *les lipides totaux varient comme les glucides : leur taux augmente avec le développement de la feuille.*

DEMIANOVSKI trouve 3,62 p. 100 pour les feuilles apicales de printemps, et 8,69 p. 100 pour les feuilles basales d'automne.

En 1945, MAKAREVSKAYA a suivi l'évolution des lipides dans les tissus foliacés de *Morus alba* à l'aide d'une méthode histochimique (Coloration au Soudan III). L'examen microscopique révèle l'augmentation du nombre et de la grosseur des gouttes de lipides à mesure que la feuille vieillit.

## 4<sup>o</sup> Acides organiques.

SUZUKI (1920) signale une variation dans le taux des acides organiques avec l'âge de la feuille.

MAKAREVSKAYA (1945) note qu'à l'éclosion des bourgeons les feuilles sont privées d'acide oxalique. Mais bientôt l'oxalate de calcium apparaît, et son taux augmente jusqu'à la maturation.

## 5° Oligoéléments et vitamines.

COMMENGE et ses coll. (1949) font état de la présence de nombreux métaux aussi bien dans les cendres des feuilles de mûrier que dans celles des tissus du ver à soie. Ils citent : Ag, Al, Ba, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb.

VENEROSO (1940) trouve des teneurs en manganèse plus faibles en automne qu'au printemps.

BRESCI (1951) isole la vitamine C ; il constate qu'elle est contenue en plus grande quantité dans les jeunes feuilles que dans les feuilles mûres.

## Conclusion.

Les études faites sur le mûrier ou sur des plantes alimentaires de séricigènes sauvages montrent qu'au cours de toute la période végétative, il se produit une diminution de la teneur en eau, en potasse, en protides totaux et nucléoprotéides des feuilles de mûrier, en même temps qu'une augmentation de leur richesse en cendres, sels de calcium, lipides, glucides, cellulose et lignine (1).

## II. — LES ÉLEVAGES EXPÉRIMENTAUX POUR L'ÉTUDE DES RELATIONS : ALIMENTATION, CROISSANCE, SÉCRÉTION SOYEUSE

Pour étudier l'influence de l'alimentation sur la croissance larvaire de *Bombyx mori*, nous avons effectué en 1951 et en 1952 une série d'élevages, soit successifs, soit simultanés, lesquels ne se différenciaient entre eux que par le stade d'évolution de la feuille de mûrier.

Chacun de ces élevages se caractérisait comme suit :

1° Il comprenait environ 2 000 larves de la race Ascoli (Roustan), de sorte que les prélèvements nécessaires aux expériences ne modifiaient pratiquement pas la population totale.

2° La température du local d'élevage était réglée par thermostat à  $21^{\circ} \pm 1^{\circ}$ . En été nous avons refroidi à l'aide de pains de glace convenablement répartis dans la pièce.

3° L'humidité a été contrôlée, et en général maintenue entre 60 et 70 p. 100 H. R., par évaporation d'eau.

(1) Nous savons que la composition chimique d'une feuille se modifie même au cours d'une journée, selon l'heure considérée.

Par exemple, FIGORINI (1914) a noté que la feuille cueillie le soir est plus riche en glucides et lipides que celle récoltée le matin, à cause de la photosynthèse très active dans la journée. L'accroissement est particulièrement sensible pour l'amidon.

Le facteur insolation est également à considérer. Dès 1840, GASPARIIN note qu'un mûrier exposé de toutes parts à la lumière, donne des feuilles moins aqueuses mais plus riches en éléments nutritifs que celles d'un autre mûrier constamment privé de soleil. D'après KISHI (1934) les feuilles situées à l'ombre perdent des glucides solubles, particulièrement des sucres réducteurs. CORRADINI constate que les feuilles développées au soleil ont moins d'eau, plus de glucides et de lipides. Pour GHIRLANDA (1924) les substances tanniques sont plus abondantes le matin que le soir.

4° L'aération a été réalisée à l'aide de trappes réglables disposées les unes au ras du sol, les autres au niveau du plafond. Le chauffage facilitait d'ailleurs la circulation de l'air.

5° Pendant toute la durée de ces élevages nous avons distribué 4 repas par 24 heures, aussi régulièrement espacés que possible, à 6 h, 12, 16, et 21 h 30.

6° Les vers à soie ont été toujours maintenus très *espacés* afin qu'au cours des repas chacun puisse absorber le maximum de nourriture selon son appétit. Leur nombre par dm<sup>2</sup> au cours de chacun des cinq intervalles successifs a été d'environ : 80, 40, 20, 10 et 6.

7° Les chenilles de nos différents élevages ont été presque exclusivement alimentées au moyen des feuilles de mûrier. Cependant, pour permettre des comparaisons, nous avons utilisé également la feuille de laitue (1).

Les prélèvements de feuilles ont été réalisés dans des conditions *rigoureusement déterminées* sur des arbres homogènes, âgés d'environ soixante ans, de la variété *Colombassa* (*Morus alba Colombassa*, Seringe), lesquels ne portaient que des rameaux d'un an. Ces prélèvements ont été opérés chaque matin entre 9 et 10 heures, sous la forme de rameaux entiers, déposés dans un ramier frais. Au moment des repas, on détachait les feuilles des branches et on les transportait dans le local d'élevage des chenilles.

Les échantillons destinés à l'analyse furent cueillis au même moment et déposés aussitôt dans des bocaux tarés, à fermeture hermétique, puis pesés en frais dans les 30 minutes de leur ramassage.

Nous avons choisi les dates de prélèvements de ces échantillons de manière à tenir le plus grand compte de l'état physiologique du mûrier au moment de la cueillette.

Six élevages distincts ont été réalisés que l'on peut répartir en trois groupes principaux vis-à-vis de l'origine des feuilles de mûrier et de leur âge.

Dans le *premier groupe*, qui comprend les lots A, B et C, *élevés successivement d'avril à novembre 1951*, nous avons étudié l'influence du stade physiologique du végétal sur la biologie larvaire. Pour cela, nous avons prélevé la *totalité des feuilles de chaque rameau*, toutes issues de *bourgeons de printemps*.

Le *deuxième groupe*, représenté par le lot D, *élevé en septembre et octobre 1951*, a été alimenté de la même manière que les lots précédents, mais avec des feuilles provenant de *bourgeons d'été*, après effeuillage complet des arbres à la mi-juillet.

Le *troisième groupe*, qui englobe les lots J et V, *élevés simultanément en mai et juin 1952*, tient compte de la position des feuilles sur le rameau.

(1) Voir Appendice p. 159.



Tandis que les larves de J ne reçoivent que les deux premières feuilles apicales de chaque branche, celles de V ne sont alimentées qu'avec les deux dernières feuilles basales des mêmes pousses. Nous avons négligé les très jeunes feuilles dont le limbe, encore gaufré, était plus ou moins replié sur lui-même. Pour réaliser ces deux élevages, nous avons donc ramassé chaque jour deux lots distincts de feuilles.

Comme certaines larves du lot D ont été quadrimuantes, tandis que d'autres sont devenues quinquémuantes, nous avons considéré que les premières et les secondes constituaient deux lots distincts D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub>. De cette manière, nous avons réalisé 7 *élevages* dont les principales caractéristiques sont consignées dans le tableau V, p. 168.

Les analyses ont été faites à des périodes très rapprochées, et particulièrement aux époques suivantes caractéristiques de l'état physiologique du mûrier :

- Fin de débourrement ;
- Début de floraison ;
- Fin de floraison ;
- Nouaison ;
- Maturation du fruit ;
- Aoûtement ;
- Arrêt de croissance ;
- Subérification de la base des pétioles ;
- Jaunissement.

Nous savons que l'étude de la croissance des insectes phytophages présente de sérieuses difficultés par le fait que la feuille servant d'aliment évolue chaque jour et même selon les heures de la journée en même temps que l'insecte qui la mange, de sorte que du début à la fin de la vie larvaire le chimisme foliaire s'est profondément modifié. Toutefois, comme les feuilles des divers lots évoluent toutes dans le même sens, les comparaisons entre ces lots demeurent toujours valables.

Pour caractériser les feuilles de mûrier destinées à chaque lot, nous avons calculé *les valeurs moyennes* des résultats analytiques obtenus sur les échantillons prélevés pendant toute la durée de chaque élevage.

L'âge moyen des feuilles de mûrier utilisées par les larves de chacun de ces lots a été calculé sur une période qui s'étend depuis la date du débourrement jusqu'à celle correspondant au milieu de la vie larvaire <sup>(1)</sup>. Il varie de 20 jours (lot A) à 180 jours (lot C), ce qui permet le classement suivant des élevages en fonction du degré de maturité des feuilles : A, J, V, B, D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub> et C.

<sup>(1)</sup> La durée de la vie larvaire a été limitée à la période de temps comprise entre la naissance et le début du tissage du cocon.

### III. — LES CARACTÈRES DES DIFFÉRENTES CLASSES D'ALIMENTS UTILISÉS

Nous avons dit précédemment que la feuille de mûrier interfère de plusieurs manières sur l'alimentation de la chenille :

1<sup>o</sup> Par sa *constitution physique*, elle contribue à régler *l'intensité de la prise de nourriture*.

2<sup>o</sup> Par sa *composition chimique* (1), elle détermine *l'utilisation des aliments absorbés et le rejet des parties excrétées*.

Nous sommes donc conduits à comparer entre eux les aliments distribués à nos différents élevages de vers à soie non seulement en fonction de leur richesse en principes élémentaires, mais également en tenant compte de leurs propriétés physiques.

#### A. — Les caractères physiques.

Les caractères physiques que nous avons étudiés se rapportent à la couleur des feuilles, à leur épaisseur, et à la vitesse d'évaporation de l'eau.

##### 1<sup>o</sup> La couleur.

Les feuilles jeunes, situées au sommet des rameaux ont une teinte vert jaunâtre ; les feuilles plus développées deviennent vert foncé ; enfin, les feuilles basales, les plus mûres sont plutôt vert gris.

##### 2<sup>o</sup> Épaisseur du limbe.

Nous avons mesuré l'épaisseur du limbe à l'aide d'un comparateur au centième de mm. Pour chaque échantillon nous avons prélevé 20 feuilles du sommet des rameaux, 20 feuilles du milieu, et 20 feuilles basales sur chacune desquelles cinq mesures ont été faites, dans des zones prises au hasard et ne comportant pas de nervures.

Nous avons remarqué que les feuilles apicales sont plus minces que les feuilles basales : les premières se situent dans l'éventail 120-170  $\mu$  tandis que les secondes oscillent entre 150 et 190  $\mu$ .

Si on mesure l'épaisseur d'une même feuille au cours de son développement, on note un accroissement du même ordre que celui observé lorsqu'on considère successivement les feuilles d'un même rameau depuis son sommet jusqu'à sa base.

##### 3<sup>o</sup> Vitesse d'évaporation de l'eau.

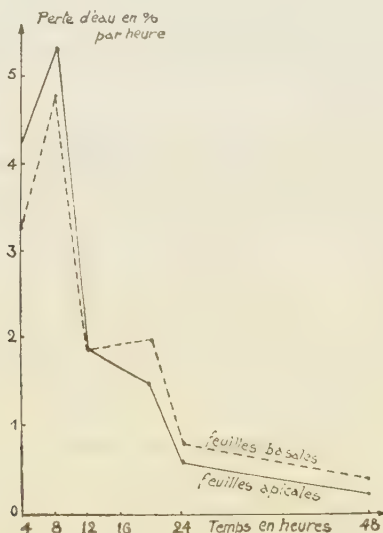
Des lots de feuilles d'âges différents ont été pesés en frais après leur ramassage et étalés sur des claies dans les locaux d'élevage des vers

(1) Nous savons que la prise de nourriture est également sous l'influence d'une substance attractive contenue dans les tissus foliaires, mais nous n'étudions pas son action dans ce travail.

à soie, chauffés à 20°C. De nouvelles pesées furent réalisées jusqu'à la 48<sup>e</sup> heure, d'abord toutes les heures, ensuite à des intervalles plus longs.

L'expérience nous a d'abord montré que pour toutes les catégories de feuilles, l'évaporation est surtout intense pendant les 8 heures qui suivent la cueillette, avec un maximum entre la 4<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> heure (cf. graph. 1). Après la 8<sup>e</sup> heure, le pourcentage d'eau encore retenu est faible. Enfin au bout de deux jours il n'y a plus de perte sensible de poids.

Nous avons ensuite noté que la vitesse d'évaporation est en relation avec l'âge de la feuille : comme le montre le graphique 1, les feuilles juvé-



GRAPHIQUE 1. — Vitesse d'évaporation des feuilles à 20°C.

niles perdent d'abord plus vite leur eau que les feuilles bien développées : ensuite, de la 8<sup>e</sup> à la 12<sup>e</sup> heure, les vitesses s'égalisent.

Nous savons qu'en vieillissant, les feuilles s'enrichissent en cellulose, lignine et sels minéraux, substances qui contribuent à augmenter considérablement la dureté des tissus foliaires. OKABE (1935) a étudié la dureté des feuilles de mûrier. Il a constaté que celle-ci croît au fur et à mesure du développement des feuilles. Il a même mis en évidence une corrélation négative très marquée entre la dureté de la feuille et sa teneur en eau.

En résumé, les feuilles juvéniles de mûrier sont plus minces et beaucoup plus tendres que les feuilles mûres. Par contre, les premières, après leur cueillette, tendraient à se dessécher plus rapidement que les secondes si on ne les maintenait pas dans un local suffisamment frais.

## B. — Les caractères chimiques.

La bibliographie nous a montré d'une part la complexité de la composition chimique des feuilles de mûrier, d'autre part la corrélation existant entre les taux des différents principes élémentaires qui constituent ces feuilles considérées à un stade quelconque de leur développement. En d'autres termes, il n'est pas utile de faire une analyse complète, d'ailleurs fort difficile et réservée aux spécialistes, pour pouvoir déterminer les éléments essentiels de la valeur alimentaire des feuilles. Il suffit de connaître alors leur richesse en certains éléments de base, pris de préférence parmi les plus utiles au développement des chenilles. Par exemple, les dosages de l'azote total et de l'acide phosphorique pourraient être de bons indicatifs. En effet, si à un échantillon de feuilles, nettement riche en ces deux éléments, nous comparons un autre plus pauvre, nous serons certains que le premier, par rapport au second, est constitué par des feuilles plus jeunes, plus minces, plus tendres, plus riches en éléments plastiques, un peu plus pauvres en principes énergétiques, mais beaucoup moins chargées en substances de déchets telles que la cellulose, la lignine et les sels de calcium. Le premier échantillon doit donc constituer un aliment supérieur au second.

Le classement des aliments peut également se faire à partir de l'examen du rapport entre certains éléments, tels que par exemple le rapport C/N. Depuis KLEBS (1918), ce rapport a pris une grande importance en physiologie végétale, car il caractérise l'évolution du chimisme de la plante au cours de son développement (STILES, 1936). Par l'emploi d'engrais minéraux, INOUE et KITAZAWA (1930) ont pu faire varier le taux des glucides et de l'azote dans la feuille de mûrier sans modifier le sens des variations du rapport C/N au cours du développement annuel.

Après étude expérimentale, nous avons *choisi empiriquement* pour classer les feuilles destinées à l'alimentation des chenilles de nos différents lots, un indice qui tienne compte non seulement de l'évolution des produits organiques les plus utiles au ver à soie, mais également des changements importants survenus avec l'âge dans la teneur de ces feuilles en autres produits organiques inassimilables par la chenille.

La teneur des produits utiles est appréciée à partir du dosage de l'azote total et de l'acide phosphorique, tandis que celle des éléments de déchets est déterminée en calculant le taux de CaO. Comme au cours de son développement la feuille s'appauvrit en azote et en phosphore en même temps qu'elle s'enrichit en chaux, le rapport  $\frac{N \text{ total} + P_2O_5}{CaO}$  doit s'abaisser d'une manière très sensible.

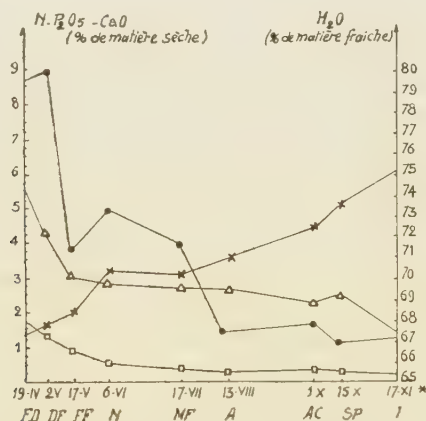
Nous choisissons donc ce *rapport empirique* pour classer *morphologiquement et chimiquement* nos lots de feuilles, en vue de les comparer



entre eux. Quoiqu'il donne surtout une indication sur l'évolution des matières organiques dans la feuille, on le calcule à partir d'éléments minéraux. C'est pour cette raison que nous l'appelons : *indice minéral*, lequel a d'ailleurs la valeur d'un *rapport physiologique*.

Les analyses des échantillons ont été réalisées au Laboratoire de Chimie de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier grâce à l'obligeance de M. le Pr MAUME. Elles ont porté sur les dosages de l'eau, de l'azote total, du phosphore, du potassium et du calcium effectués selon la technique MAUME, DULAC et BOUAT (1934), par semi-microdosages.

Nous avons rassemblé dans le tableau I, p. 167, les différentes données analytiques qui confirment celles des auteurs précités. Cependant, nos résultats permettent en outre de mettre en relief l'importance du *stade nouaison* dans la physiologie du mûrier. En effet, l'examen du gra-



GRAPHIQUE 2. — Variations de quelques éléments de la feuille de mûrier en fonction du stade physiologique de l'arbre. (H<sub>2</sub>O O ; N Δ ; CaO x ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> □). FD : fin du débourrement. — DF : début de floraison. — FF : fin de la floraison. — N : nouaison. — MF : maturation du fruit. — A : aouissement. — AC : arrêt de croissance. — SP : subérification de la base des pétioles. — J : jaunissement des feuilles.

(\*) Dates de prise des échantillons.

phique 2 nous montre que du débourrement jusqu'au stade nouaison, il y a une importante diminution des teneurs relatives en eau, azote total, azote albuminoïde, azote soluble, acide phosphorique et potasse ; et simultanément une forte augmentation de chaux.

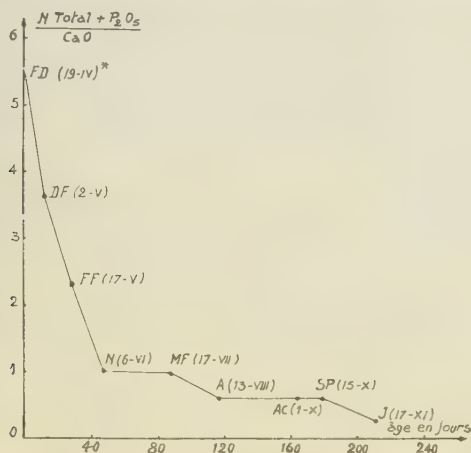
Au contraire, après le stade nouaison, les variations sont bien plus faibles.

L'époque du jaunissement des feuilles accuse une nouvelle chute brusque du taux d'azote ainsi qu'un important accroissement de la quantité de chaux.

Si on fait la comparaison en tenant compte de la position des feuilles

sur le rameau, en examinant le tableau II, p. 168, on note que les feuilles apicales, par rapport aux feuilles basales sont, à toutes les époques, beaucoup plus riches en eau, azote total, azote soluble, azote albuminoïde, acide phosphorique et potasse. C'est le contraire pour la chaux et la magnésie.

L'examen comparatif des analyses nous a montré que la teneur en éléments minéraux des feuilles de la base se rapproche beaucoup plus de celle obtenue sur l'ensemble du rameau que de celle des feuilles apicales. C'est la raison pour laquelle, après le stade nouaison, la présence



GRAPHIQUE 3. — Variations de l'indice minéral dans la feuille de mûrier en fonction du stade physiologique de l'arbre. FD : fin du débourrement. — DF : début de floraison. — FF : fin de la floraison. — N : nouaison. — MF : maturation du fruit. — A : aoûtement. — AC : arrêt de croissance. — SP : subérification de la base des pétioles. — J : jaunissement des feuilles.  
(\*) Dates de prise des échantillons.

des feuilles juvéniles, alors peu nombreuses, ne modifie guère les données analytiques moyennes concernant la branche entière.

L'orientation de la branche selon les points cardinaux a une influence négligeable.

Nous avons calculé pour chaque élevage la valeur de l'indice minéral moyen de l'aliment utilisé.

Les résultats ont été consignés dans le graphique 3, qui traduit l'abaissement très marqué de cet indice avec le vieillissement des feuilles.

Par exemple, dans une feuille très jeune, cueillie à la fin du débourrement il atteint 5,4. Au stade nouaison, 48 jours plus tard, sa valeur n'est plus que de 1. Enfin, en novembre, avant la chute des feuilles, il s'abaisse à 0,25.

Vis-à-vis de l'alimentation du ver à soie nous pouvons retenir que dans les feuilles juvéniles il est supérieur à 3 : dans les feuilles basales de printemps il se situe entre 1 et 2, tandis que dans les feuilles basales d'automne il est inférieur à 0,60.

## CONCLUSIONS RELATIVES A LA PREMIÈRE PARTIE

Dans la première partie du travail, nous avons confirmé et précisé les variations que subit la composition des feuilles de mûrier en fonction de diverses conditions, et en particulier du stade physiologique de l'arbre.

Nous rappelons qu'en vieillissant, les feuilles de mûrier s'épaississent, durcissent et s'appauvrissent en principes élémentaires indispensables au développement de la chenille en même temps qu'elles s'enrichissent en éléments inassimilables par la larve. Les variations sont surtout marquées avant le stade nouaison.

Ces résultats expliquent que si on considère les feuilles d'un rameau en allant du sommet vers sa base, on observe des variations de même sens que celles résultant de l'évolution d'une même feuille pendant tout son développement.

Il y a donc une étroite corrélation entre les taux respectifs des principales substances qui constituent ces feuilles, considérées à un stade quelconque de leur développement. En conséquence, pour analyser l'action de l'âge de la feuille de mûrier sur les différents aspects de l'alimentation du ver à soie, nous avons classé ces feuilles à partir de la détermination empirique d'un indice, que nous appelons *indice minéral*, lequel tient compte des principales modifications physiques et chimiques subies par les tissus foliaires au cours de leur vieillissement.

## DEUXIÈME PARTIE

### BIOLOGIE ET CROISSANCE LARVAIRE

Pour mettre en relief l'influence de l'âge de la feuille de mûrier sur la biologie du ver à soie, nous avons analysé chacune des principales modifications physiologiques provoquées par le régime alimentaire : elles concernent les points suivants :

- 1° La prise de nourriture et l'intensité de l'ingestion des aliments.
- 2° La croissance.
- 3° Le nombre de mues.
- 4° Le taux de mortalité.
- 5° Le degré d'homogénéité des populations.
- 6° La sécrétion de la soie.

L'étude des cinq premiers points est faite dans cette deuxième partie ; nous réserverons pour une troisième partie l'examen de la sécrétion de la soie.

Nous avons choisi comme témoin l'élevage A, alimenté avec de jeunes feuilles dont la croissance est parallèle à celle des chenilles. Nous avons établi toutes les caractéristiques de cet élevage type, et nous avons comparé à ce témoin chacun des six autres lots de chenilles.

#### I. — LA PRISE DE NOURRITURE ET L'INTENSITÉ DE L'INGESTION

À la naissance, les larves de tous les élevages attaquent les feuilles *par les faces*. Mais l'aspect des litières après le repas, dépend de l'état de développement de ces feuilles.

La figure 1a nous montre qu'avec les jeunes feuilles (lots A ou J) le ver à soie perce facilement le limbe à l'aide de ses mandibules ; le parenchyme est mangé en très grande partie cependant que les nervures, même les plus fines, sont respectées.

Avec des feuilles de 60 à 80 jours (lots B et D), la surface perforée est beaucoup plus réduite. Le limbe s'est épaissi en même temps que les parois externes des épidermes se sont de plus en plus cutinisées. Les mandibules doivent donc fournir un effort beaucoup plus grand pour



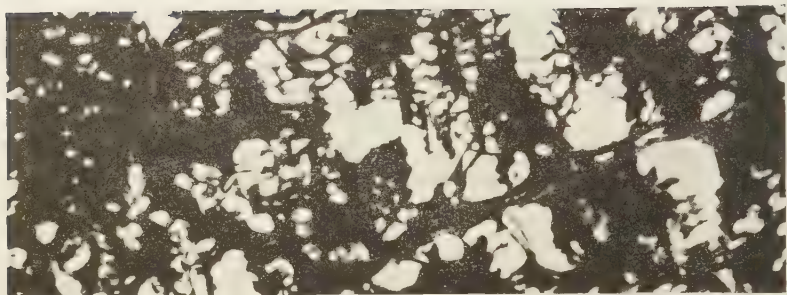


FIG. I a. --- Feuille juvénile (6 jours).

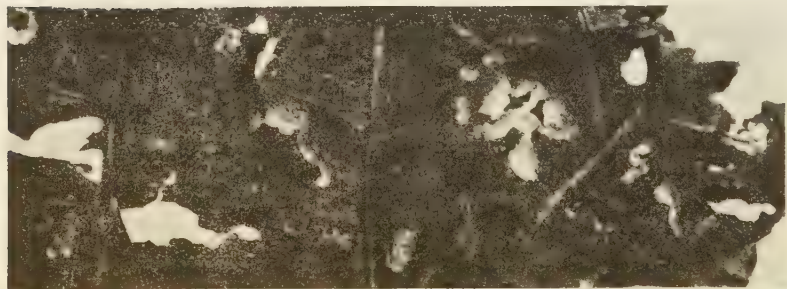


FIG. I b. — Feuille mûre (80 jours).

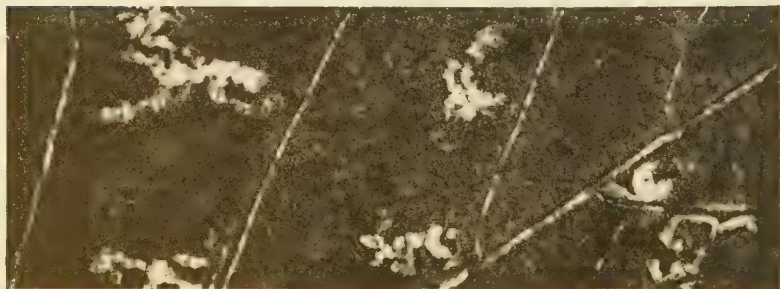


FIG. I c. — Feuille très mûre (170 jours).

Grossissement = 4,5

FIG. I. — Préhension de la feuille à la naissance (attaque par les faces).

perforer les tissus foliaires. Ces derniers peuvent même ne pas être traversés en totalité de sorte qu'un des deux épidermes est conservé intact (cf. fig. Ib).

Enfin, les feuilles parvenues à maturité sont très peu mangées. Dans les parties attaquées, les mandibules se contentent de détacher les tissus chlorophylliens en laissant intact celui des épidermes en contact avec la litière. La feuille paraît alors parcourue par des sillons transparents, vermiformes, lesquels traduisent les difficultés de la larve pour s'alimenter (cf. fig. Ic). La perforation complète du limbe de ces feuilles ne sera réalisée qu'après la première mue.

De plus, les feuilles mûres tendent à s'enrouler sur elles-mêmes, de sorte que certains jeunes vers qui les mangent peuvent se trouver plus ou moins isolés dans les replis du limbe, ce qui les empêche de s'alimenter convenablement. Il est vrai que dès le deuxième intermue cet inconvénient est faible à cause de la plus grande facilité de déplacement des larves.

Il se produit donc chez les très jeunes vers à soie, nourris avec des feuilles âgées, une sous-alimentation quantitative qui ne sera pas sans influencer sur leur rythme de croissance, et ceci sans présumer de la valeur alimentaire de ces feuilles.

L'attaque des feuilles par la *tranche* se manifeste dès le début du deuxième intermue, lorsque les larves mangent des feuilles jeunes (cf. fig. IIa). Si le tissu foliaire est plus âgé, la figure IIb, nous montre, qu'après la première mue, certaines larves mangent déjà la feuille par la tranche, tandis que d'autres continuent encore de perforer le limbe par les faces. Enfin, les mêmes larves ne peuvent entamer les feuilles très âgées que par les faces (cf. fig. IIc), et ce n'est qu'après la deuxième mue que l'attaque de telles feuilles par la tranche devient possible.

KAFIAN a confirmé en 1955 nos travaux de 1953, concernant l'importance de la constitution chimique et anatomo-morphologique des feuilles vis-à-vis de la prise de nourriture et des répercussions sur l'appétit et la croissance larvaire.

### La quantité de feuilles ingérées.

A partir de ces données, nous avons étudié l'influence de la prise de nourriture sur la quantité de feuilles ingérées, en fonction de l'âge de ces dernières.

La comparaison a été faite entre les lots J et V, alimentés respectivement par des feuilles dont l'âge moyen était de 20 et 40 jours.

Toutes les larves expérimentées avaient reçu un repas à 11 h. A 14 h, on distribuait alors un excès de feuilles à des vers à soie préalablement pesés isolément à la microbalance. A 14 h 30, on repesait, puis on

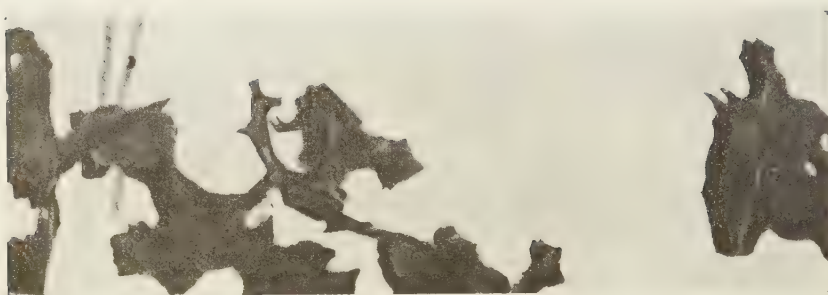


FIG. II a. — Feuille juvénile (12 jours).

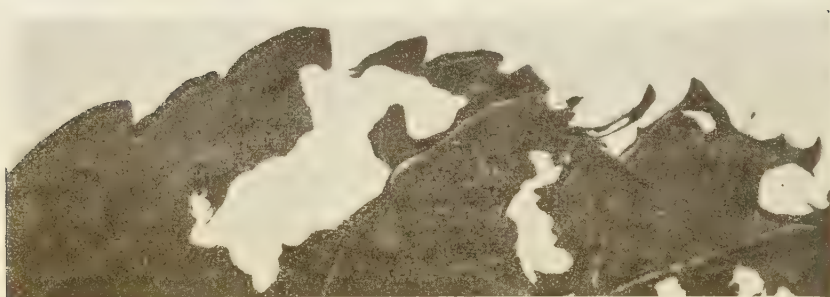


FIG. II b. — Feuille mûre (80 jours).



FIG. II c. — Feuille très mûre (150 jours).

Grossissement = 4,5

FIG. II. — Préhension de la feuille au milieu du second internue (attaque par les bords ou les faces).

continuait l'alimentation jusqu'à 15 h 30, soit avec la même feuille, soit avec une feuille renouvelée.

Les différences de poids des larves ont permis de calculer les masses respectives de feuilles ingérées. Nous avons fait les moyennes par intermues et noté les augmentations de poids après 30 mn et après 90 mn en fonction du poids des larves au début du repas (cf. tabl. VII, p. 169).

Nous tirons les conclusions suivantes :

1° *Dans un même élevage*, la quantité de nourriture ingérée est toujours *beaucoup plus forte au début du repas qu'ensuite*. Les différences sont encore plus accentuées, si, après la première demi-heure, la feuille n'est pas renouvelée. Par exemple, en considérant les moyennes pondérées portant sur l'ensemble de la vie larvaire, on s'aperçoit que pendant la première demi-heure l'intensité de la prise de nourriture est cinq fois plus forte que pendant l'heure qui suit. Toutefois, si la feuille a été renouvelée après 30 mn, cette intensité n'est réduite que de moitié.

Les variations dans le temps s'expliquent surtout par une diminution progressive de l'appétence à mesure que le tube digestif se remplit. Dans le cas où la feuille n'est pas renouvelée, le ralentissement plus accentué de l'ingestion doit être provoqué par une diminution du pouvoir attractif qu'exerce sur le ver à soie une feuille qui commence à se dessécher, en même temps qu'elle se souille par les crottes et les divers produits d'excrétion.

2° *Si on considère le stade évolutif de la feuille de mûrier*, on constate que, pendant toute la vie larvaire, les individus alimentés avec les feuilles *les plus jeunes absorbent le plus de nourriture*. Les rapports varient en général entre 1,4 et 2,0.

Il est important de signaler que des essais réalisés à partir de larves, toutes prélevées dans le même lot, nous ont donné des résultats comparables.

D'ailleurs, les différences liées à l'âge de la feuille se manifestent dès le premier repas qui suit l'éclosion des larves, à un moment où les individus des divers lots peuvent être considérés comme biométriquement identiques. A ce moment, seules les différences de constitution physique du limbe peuvent expliquer ces résultats. Ensuite, il faut aussi tenir compte des taux de croissance propres à chaque lot, auxquels correspond un rythme d'alimentation déterminé.

Plusieurs causes principales peuvent expliquer l'influence de l'âge de la feuille de mûrier sur la capacité d'ingestion des larves :

a) Une cause, liée à l'évolution de sa structure physique à mesure que le limbe approche de sa maturation, et qui est à l'origine des difficultés croissantes rencontrées par les mandibules pour découper les feuilles en petits fragments losangiques.



b) Une cause en relation avec la constitution chimique de la feuille, laquelle agit de deux manières :

— une substance attractive, probablement plus abondante dans les feuilles jeunes, peut inciter les larves qui les mangent à ingérer une plus grande quantité d'aliments ;

— pour une quantité donnée de feuilles ingérées, la composition chimique de cette feuille, qui retentit sur son utilisation par la chenille, détermine l'état physiologique de cette dernière, en règle la croissance au cours de l'intermue et, en particulier, conditionne le volume du tube digestif duquel dépend l'abondance des repas ultérieurs. Il s'agit donc d'une véritable réaction en chaîne : la prise de nourriture au cours d'un repas exerce une action directe sur la prise de nourriture de chacun des repas ultérieurs.

La quantité de feuilles ingérées varie donc en fonction de l'âge de la feuille de mûrier. Il est donc vraisemblable que cette dernière affecte également la croissance larvaire.

## II. — LA CROISSANCE LARVAIRE TOTALE

### A. — Les données bibliographiques.

Nous savons que la croissance chez les insectes ne se fait pas d'une manière régulière et continue, mais qu'elle est étroitement liée à la succession des mues et des intermues.

Les processus physiologiques de cette croissance sont d'ailleurs sous l'influence de divers facteurs dont les uns sont d'origine interne et les autres d'origine externe.

*Les facteurs d'ordre interne* sont ceux qui règlent le déterminisme de la croissance cellulaire. Ils ont pour origine une ou plusieurs hormones de croissance, sécrétées par le cerveau, la glande prothoracique, les corpora allata... <sup>(1)</sup>.

*Les facteurs d'ordre externe* sont provoqués par le milieu dans lequel vit l'insecte. Nous distinguerons essentiellement l'action de la température, de l'hygrométrie et de l'alimentation <sup>(1)</sup>.

Dans le cadre de nos expériences, nous nous sommes limités à analyser l'influence du régime alimentaire sur la croissance pondérale. Afin de ne pas tenir compte de l'action des autres facteurs externes, nous avons élevé tous nos lots de chenilles dans des conditions ambiantes aussi semblables que possible.

L'étude biométrique de la croissance des insectes a fait l'objet de nombreux travaux fondamentaux parmi lesquels nous distinguons ceux

<sup>(1)</sup> Voir BOUNHIOL (1938), CHAUVIN (1956) et WIGGLESWORTH (1951).



de DYAR (1890), de PRZIBRAM et MEGUSAR (1912), et surtout de TEISSIER (1930, 1931).

Ces études ont montré qu'on peut représenter la *croissance pondérale* des insectes par une courbe ondulée dans laquelle chaque ondulation a la forme d'un S et correspond à un cycle d'intermue. A chaque mue, le poids diminue, puis s'élève jusqu'à l'approche de la mue suivante. Il recommence alors à décroître pendant la nouvelle période de jeûne. La mue se marque donc sur la courbe par des arrêts de croissance, ce qui décompose cette courbe en tronçons.

En 1931, TEISSIER précise le caractère exponentiel de cette croissance, de sorte qu'en portant les temps en abscisses et les logarithmes des poids en ordonnées, on obtient pour chaque intermue un segment de droite.

La croissance morphométrique de *Bombyx mori*, soit linéaire, soit pondérale, a été étudiée par de nombreux auteurs parmi lesquels nous citerons : LUCIANI LO MONACO (1897), IKEDA (1910), HIRATSUKA (1917, 1920), JUCCI (1922, 1926), SEREBRENNIKOV (1927), TAKAHASHI (1930), ANOUTCHINE (1931), TEISSIER (1931), TECHIKNILADZE (1931), CHIANG (1942), HSUEH TANG (1944), BOUNHIOL (1948), et CHEN SHIH YI (1948).

Il se dégage de leurs travaux les conclusions suivantes :

1° La larve du ver à soie présente un accroissement pondéral extraordinaire, puisque au bout d'un mois son poids représente 8 000 à 10 000 fois celui de la naissance.

2° L'accroissement absolu est lent au cours des deux premiers âges ; il s'accroît un peu au troisième, beaucoup plus au quatrième, pour atteindre au cinquième une ampleur colossale.

3° Au contraire, la croissance relative est maximum pendant le premier intermue, puis diminue progressivement jusqu'au stade de maturité.

4° Les courbes d'accroissement en longueur sont très voisines des courbes d'accroissement pondéral, à cause de la corrélation élevée entre le poids et la longueur des larves.

Des courbes de croissance présentant les mêmes caractéristiques essentielles que pour *Bombyx mori* sont données par BEAUMONT (1944) pour *Chaetoptelus cestitus*, RUSSO (1925) pour trois espèces de Chrysomèles et VOY (1950, 1952) pour le Phasme.

BOUNHIOL (1948) remarque que les mesures de tailles maximales des stades successifs du ver à soie vérifient de façon satisfaisante la loi de DYAR, mais que la croissance linéaire de cette chenille ne suit pas la loi de PRZIBRAM.

TEISSIER (1931) a démontré également que la croissance d'un organe isolé suit les mêmes lois que celle de l'insecte tout entier. Il distingue toutefois les tissus mous et extensibles des pièces chitineuses. Tandis que

les premiers subissent un accroissement continu pendant tout l'intermue, les secondes ne se développent que d'une manière discontinue.

Une étude de la croissance pondérale du ver à soie ne pouvait se limiter à celle de l'ensemble des tissus larvaires. Etant donné le rôle primordial que jouent les glandes séricigènes dans l'élaboration de la soie, il était indispensable d'analyser la croissance de ces glandes. Il convenait également de déterminer les conséquences de la croissance larvaire sur la vie nymphale.

## B. — Nos résultats.

La mesure de la croissance larvaire a été obtenue par pesées individuelles de 20 larves, chaque jour à 14 heures. Toutefois, au cours du premier intermue, chacune des 20 pesées journalières comprenait 10 vers à soie.

Les individus, prélevés au hasard dans le lot, étaient rigoureusement au même stade de leur développement : ils avaient tous absorbé le même nombre de repas depuis leur naissance.

Nous avons d'abord déterminé le caractère de la croissance larvaire à l'intérieur de chaque intermue, chez les individus de notre lot témoin. Nous avons ensuite recherché les répercussions du sexe et du régime alimentaire sur cette croissance.

### 1<sup>o</sup> Les caractères de la croissance larvaire.

L'accroissement pondéral journalier s'élève régulièrement et rapidement pendant toute la vie larvaire du ver à soie comme le montrent les tableaux XI à XIII, p. 171 à 173.

A l'intérieur d'un même stade larvaire cet accroissement n'est *pas uniforme* : il est maximum vers la fin de chaque intermue, sauf au cours du dernier où ce maximum se situe vers le milieu, au moment où commence la période de réduction progressive de l'appétit qui précède le filage du cocon.

A partir des moyennes des pesées individuelles journalières, nous avons construit pour chaque type d'élevage, et sur le même graphique, les courbes de croissance larvaire. Afin d'obtenir des droites, nous avons porté en ordonnées les logarithmes des poids exprimés en dixièmes de mg (cf. graph. 4).

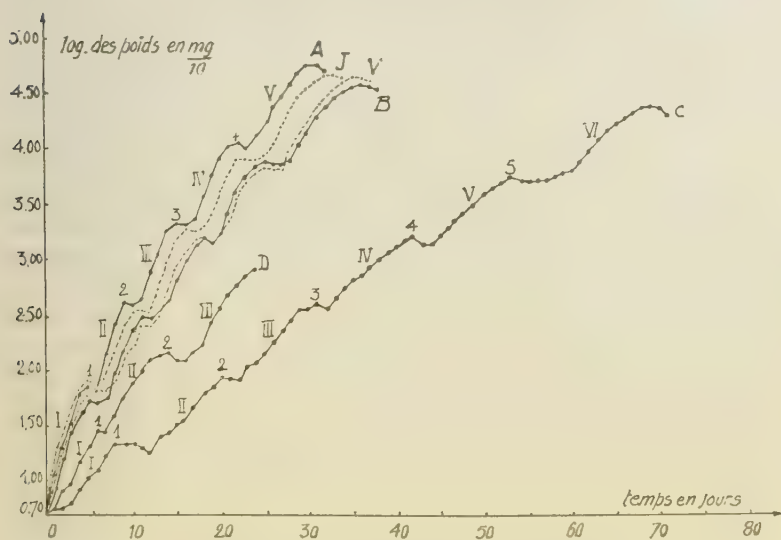
Etudions d'abord ces courbes prises séparément en vue de préciser les variations de la croissance pendant toute la durée de l'évolution du ver à soie. Pour connaître l'influence de l'alimentation nous pourrions ensuite les comparer les unes aux autres.

Toutes ces courbes sont du type classique et ont des formes très voisines : chacune comprend autant de segments de droites qu'il y a d'inter-

mues, réunis par des droites descendantes qui marquent la chute du poids pendant la mue.

A l'intérieur de chaque courbe, les pentes des divers segments vont en diminuant du premier au dernier si on considère les quatre élevages de printemps A, J, V et B (cf. tabl. VIII, p. 170). C'est moins net dans ceux d'automne à cause de l'interférence des caractères physiques de la feuille sur la prise de nourriture.

Le taux de croissance n'est donc pas uniforme à l'intérieur de tous les intermues : toujours maximum pendant le premier stade, il tend ensuite à diminuer jusqu'à la fin de la période d'alimentation.



GRAPHIQUE 4. — Courbes pondérales de croissance larvaire. — Intermues : I, II, III, IV, V, VI. — Mues : 1, 2, 3, 4, 5.

Ces résultats se confirment si on calcule pour chaque intermue le taux moyen de croissance par repas, lequel, d'abord très élevé après la naissance, s'abaisse brusquement après la première mue, plus faiblement et plus régulièrement ensuite, comme le montre le tableau IX, p. 170.

On peut aussi déterminer dans chaque intermue le rapport entre le poids maximum et celui du début de l'intermue. Ce rapport est toujours très grand avant la première mue. Il s'abaisse brusquement ensuite et reste alors assez constant jusqu'à la fin de la vie larvaire (cf. tabl. X, p. 170).

Après avoir étudié les courbes de croissance prises séparément, il convient de les comparer entre elles en vue de connaître les variations liées au régime alimentaire.

## 2° Influence de l'alimentation.

## a) LES POIDS LARVAIRES

Les tableaux des poids larvaires journaliers (cf. XI à XIII, p. 171 à 173) nous montrent d'abord qu'à un même stade de leur développement les larves des divers élevages ont des poids bien différents. Ces poids sont *en relation inverse* avec l'âge de la feuille de mûrier utilisée comme aliment. On obtient le classement dans l'ordre décroissant suivant : A, J, V, B, D et C. Les différences s'accroissent avec le développement larvaire ; elles passent par un maximum vers la fin du dernier intermue, le jour où les larves ont atteint leur poids le plus élevé. Voici les chiffres concernant ce maximum :

A = 5 561 mg ;    J = 4 666 mg ;    V = 4 476 mg ;  
 B = 3 765 mg ;    D<sub>4</sub> <sup>(1)</sup> = 2 844 mg ;    D<sub>5</sub> <sup>(2)</sup> = 2 761 mg ;  
 C = 2 245 mg.

En prenant comme unité les poids à la naissance, nous avons porté dans le tableau XIV, p. 174, les accroissements dans chaque intermue.

Ce tableau nous montre que les poids moyens larvaires des élevages extrêmes A et C sont très différents, et que leur rapport va en croissant régulièrement depuis la naissance jusqu'à la maturité. Ce rapport est 3,5 dans le premier stade, 4,7 dans le deuxième, 5,4 dans le troisième, 7,2 dans le quatrième et 10,6 dans le cinquième. Cependant cette dernière valeur est ramenée à 2,5 si on tient compte de l'apparition d'une mue supplémentaire dans l'élevage C. Dans ce dernier lot, le poids larvaire maximum atteint 4 490 fois celui de la naissance contre 11 122 fois dans A.

Nous devons cependant considérer que ces données sont encore insuffisantes pour comparer l'intensité de la croissance en fonction des traitements, car il faut tenir compte de la durée de chaque stade larvaire.

## b) DURÉE DE LA VIE LARVAIRE

Le tableau XV, p. 174, exprime en nombre de repas et en jours la durée des mues et des intermues. Il nous montre que cette durée est encore *fonction de l'âge de la feuille* ; en effet, en allant du lot A au lot C, on note un allongement progressif de chaque stade larvaire et de la mue qui le suit.

Par exemple, dans nos conditions expérimentales, la vie des vers à soie s'étale sur 32 jours si on utilise des feuilles jeunes, contre 72 jours dans le cas de feuilles très mûres.

Nous remarquons que l'augmentation de la durée d'un stade larvaire quelconque ne *permet jamais* aux larves les moins bien alimentées de rattraper les autres ; on peut même dire qu'en général les poids lar-

(1) Larves quadrimueuses.

(2) Larves quinquémueuses.

vaires à un stade donné sont en corrélation inverse avec la durée de ce stade. Toutefois nous notons une certaine compensation avant la troisième mue.

Nos travaux concernant l'influence de l'âge de la feuille sur les poids larvaires et la durée du développement chez *Bombyx mori* ont été confirmés en 1956 par ceux de GRISON, dans son étude sur *Euproctis* et *Mala-cosoma*.

### c) LES CROISSANCES LARVAIRES

Si nous comparons les courbes de croissance obtenues pour les différents types d'élevage, nous remarquons que ces courbes se distribuent en éventail dans l'ordre suivant : A, J, V, B, D et C (cf. graph. 4).

Leur position permet de les répartir en trois groupes lesquels correspondent exactement à ceux formés précédemment en fonction du stade d'évolution foliaire :

Premier groupe : croissance élevée (A et J) ;

Deuxième groupe : croissance moyenne (V et B) ;

Troisième groupe : croissance faible (D et C).

A l'intérieur d'un même intermue, l'intensité de la croissance diminue à mesure que la feuille de mûrier se développe. C'est ce que confirme l'examen du tableau VIII, p. 170, sur lequel ont été portées les pentes de ces courbes.

On obtient des résultats analogues si dans chaque stade on compare la croissance moyenne par repas (cf. tabl. IX, p. 170), laquelle *diminue progressivement* d'intensité au fur et à mesure que les feuilles approchent de leur maturité. Sur l'ensemble de la vie larvaire la croissance moyenne par repas, calculée en fonction du poids à la naissance, s'établit comme suit :

A = 97,5 ; J = 77,5 ; V = 70,6 ; B = 57,9 ; D = 28,7 ; C = 17,0.

Notons que les différences dues à l'alimentation s'atténuent progressivement avec l'évolution du ver à soie. Nous trouvons en effet les rapports suivants entre les élevages extrêmes A et C : premier intermue = 5,3 ; deuxième intermue = 3,5 ; troisième intermue = 2,5 ; quatrième intermue = 2,3 ; cinquième intermue = 1,8.

Si nous étudions la croissance propre à chaque intermue en formant le rapport entre le poids maximum et le poids au début de l'intermue (cf. tabl. X, p. 170), nous constatons qu'au premier stade la croissance est fortement influencée par le régime alimentaire. En effet, la valeur de ce rapport se situe autour de 15 dans les élevages du premier groupe : elle s'abaisse à 12 dans ceux du second et à 5 dans ceux du troisième.

A partir du deuxième intermue, ce taux paraît assez constant dans tous les lots jusqu'à la maturité, et en particulier dans ceux des groupes

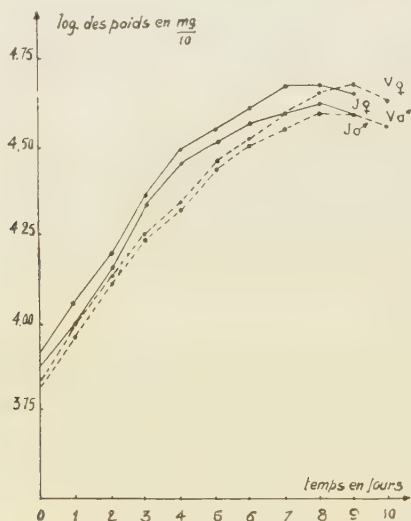


1 et 2 dans lesquels il est voisin de 5. Il est légèrement plus faible dans le groupe 3.

Il apparaît donc que les très jeunes larves sont *particulièrement mal adaptées* à l'utilisation des feuilles dures et épaisses d'automne, à cause des dimensions réduites de leur appareil buccal et de la faiblesse relative des mandibules.

### 3° Variations liées au sexe.

Pour analyser l'influence du sexe sur la croissance, nous avons isolé les mâles et les femelles, à leur sortie de la quatrième mue, dans les lots



GRAPHIQUE 5. — Influence du sexe sur la croissance larvaire (5<sup>e</sup> intermue).

J et V. La séparation a été faite en se basant sur la morphologie externe (points d'Ishiwata). Il ne nous a pas été possible d'expérimenter sur des larves plus jeunes à cause des difficultés rencontrées avec la race étudiée pour identifier les sexes.

Les pesées journalières des larves nous ont permis de construire les courbes de croissance (cf. graph. 5). Ces courbes nous montrent que dans une même population de *Bombyx mori*, considérée au dernier intermue, le poids des femelles reste toujours supérieur à celui des mâles. Les écarts entre ces poids sont pratiquement constants jusqu'au milieu de l'intermue, ce qui montre que les intensités de croissance sont d'abord comparables. Ensuite, lorsque le rythme de croissance diminue, provoqué par une réduction progressive de l'appétit avant le filage, cette diminution est moins marquée chez les femelles que chez les mâles.

### III. — LES CARACTÈRES DU CYCLE LARVAIRE

Vis-à-vis du développement larvaire il convient de répartir les élevages en trois catégories :

1<sup>re</sup> catégorie : les quatre élevages A, J, V et B dont les larves ont été alimentées avec des feuilles relativement jeunes et dans lesquels l'*indice minéral* était supérieur à 1,2.

2<sup>e</sup> catégorie : l'élevage D dans lequel les larves ont mangé des feuilles bien développées et qui présentaient un *indice minéral* voisin de 0,9.

3<sup>e</sup> catégorie : l'élevage C formé par des larves nourries exclusivement avec des feuilles très mûres dans lesquelles l'*indice minéral* était voisin de 0,6.

Les larves de la première catégorie ont toutes été quadrimuantes ; celles de la deuxième catégorie ont été les unes quadrimuantes, les autres quinquémuantes. Celles de la troisième catégorie ont été quinquémuantes dans leur totalité.

Il en résulte que dans le cas d'une sous-alimentation qualitative suffisamment marquée certaines larves ne peuvent atteindre la mue nymphale sans le déclenchement d'une *mue larvaire supplémentaire*. Les larves quinquémuantes sont certainement celles dont la croissance initiale a été la plus faible, car, malgré une vie larvaire prolongée d'environ 6 jours, leur poids maximum reste inférieur à celui des larves quadrimuantes. Si la sous-alimentation a été encore plus poussée, le phénomène se généralise à tous les vers à soie.

Ces expériences nous montrent que la *fixité relative* du nombre des mues larvaires semble dépendre davantage de la stabilité des facteurs physiques, et en particulier des *conditions d'alimentation* que de déterminations spécifiques rigoureuses. C'est également l'opinion d'ALLEGRET (1956).

### IV. — L'ÉTAT SANITAIRE

Lorsque les larves sont nourries exclusivement avec des feuilles très jeunes (lot J), il en résulte un *affaiblissement* marqué de leur vitalité, particulièrement après la quatrième mue.

On note d'abord l'apparition d'une grasserie du type classique à caractère non épidémique, et, comme conséquence, la formation de quelques cocons fondus (6 à 8 p. 100 des chrysalides sont mortes par grasserie).

VAGO (1953) obtient également une influence activatrice de la virose en alimentant *Vanessa urticae* avec de très jeunes feuilles d'orties.

On relève ensuite, vers la fin de la vie larvaire, quelques cas isolés de flacherie physiologique. Ces cas seraient provoqués par l'excès d'eau dans la feuille ingérée, que l'insuffisance de la transpiration ne permet-

trait pas d'éliminer. D'après VAGO (1956), l'action bactérienne et la diarrhée qui en résulte ne sont que des processus secondaires.

KISHI (1954) explique l'affaiblissement de certaines larves par le taux insuffisant des glucides dans les jeunes feuilles.

Si on alimente des vers à soie avec des feuilles ayant dépassé le stade de la première jeunesse, l'état sanitaire est comparable à celui d'un lot témoin, élevé pendant la période séricicole normale, et nourri avec des feuilles de mûrier non triées. On observe quelques cas isolés de grasserie au cours du dernier intermue, et particulièrement au moment de la montée.

Enfin, l'emploi de feuilles très mures (lot C) provoque le déclenchement, vers la première mue, d'une grasserie très précoce, à caractère particulier, causée par une alimentation s'adaptant mal aux besoins de l'insecte. Cette grasserie se poursuit d'ailleurs pendant toute la vie larvaire. D'après VAGO (1951) ce type de maladie, qui peut se reproduire artificiellement, fournit une donnée fort intéressante pour la genèse de la « grasserie de première mue ». La maladie peut en outre être accompagnée par un développement simultané des streptocoques intestinaux qui provoque la diarrhée par suite d'un ralentissement marqué du cheminement des aliments dans le tube digestif.

Signalons enfin que GRISON (1956) obtient également des taux de mortalité assez élevés chez *Euproctis* et *Malacosoma* élevés en utilisant des feuilles âgées.

## V. — LE DEGRÉ D'HOMOGÉNÉITÉ DES POPULATIONS

Pour déterminer la dispersion des observations à l'intérieur de chaque lot, nous avons constitué, chaque jour, des populations de 20 larves, prélevées au hasard dans le lot complet, et pesées individuellement. Nous avons calculé les moyennes  $\bar{x}$ , les écarts types  $s$  (cf. tabl. XI à XIII, p. 171 à 173) et caractérisé le degré de dispersion en formant le coefficient de variabilité  $s/\bar{x}$  (cf. tabl. XVI, p. 175). Ce dernier tableau nous montre que les élevages alimentés avec des feuilles jeunes sont *beaucoup plus homogènes* que les autres, quoique nous notions dans tous les cas *une variabilité appréciable*. Cette variabilité des poids larvaires s'explique par des différences individuelles dans l'aptitude à la prise de nourriture, lesquelles sont plus faibles dans le cas d'une alimentation optimum (feuilles juvéniles) que dans celui d'une alimentation déficiente (feuilles mûres)

## VI. — CROISSANCE DES GLANDES SÉRICIGÈNES

Le cocon et la fibre de soie, que nous allons étudier ultérieurement, étant formés à partir de substances ayant leur origine dans les glandes

séricigènes, il convient maintenant d'analyser la croissance de ces dernières. Toutefois, nous avons limité cette étude au dernier internue, car, avant cette période la quantité de fibroïne déjà synthétisée est de très faible importance.

### A. — Essais antérieurs.

Les données bibliographiques peuvent concerner soit la croissance cellulaire, soit la croissance linéaire, soit enfin la croissance pondérale.

Dans le domaine *cytologique*, SCATTIZI et BRANCHINI (1937) ont étudié l'évolution des cellules de la paroi glandulaire dans différentes races de *Bombyx mori* pendant toute la vie larvaire. Ils ont conclu que les cellules ne se multiplient pas mais subissent seulement une augmentation de volume dans les trois parties de chaque glande, s'accompagnant d'un accroissement corrélatif des nucléoles.

Récemment, en 1951, ONO a confirmé et précisé les données précédentes, en comparant les accroissements en longueur, largeur, épaisseur et volume de chacune des trois parties du réservoir. Il note que le taux d'accroissement est le plus fort dans la partie moyenne, puis dans la partie postérieure. Au 5<sup>e</sup> âge, la vitesse de croissance cellulaire est très grande dans la région moyenne, grande dans la zone postérieure, alors que dans la section antérieure elle a des valeurs comparables à celles des âges précédents. Mais, dans tous les cas, c'est au cours des deux jours qui précèdent « la montée » que le volume cellulaire devient considérable. Ono constate également que le volume relatif de la paroi glandulaire est minimum au 5<sup>e</sup> âge ; mais alors que pour la partie antérieure il reste à peu près constant, dans les autres régions du réservoir il diminue progressivement jusqu'à « la montée ». En conséquence, à l'approche de la maturité, la paroi cellulaire devient de plus en plus mince, ce qui augmente sa perméabilité. Enfin, selon lui, le centre de croissance de la glande se situerait vers le milieu du réservoir, à partir duquel le développement en valeur absolue et relative diminuerait graduellement vers l'avant et vers l'arrière.

Quelques renseignements sur la croissance *linéaire* nous sont donnés par des travaux japonais (Anonyme, 1910), et LEGAY en 1949 présente une étude complète, de laquelle il déduit par le calcul la croissance volumétrique.

La croissance *pondérale* a été peu étudiée, surtout si on la considère en fonction de l'alimentation larvaire. Le présent chapitre a pour but de combler cette lacune.

### B. — Techniques de travail.

A partir de la 4<sup>e</sup> mue, les glandes séricigènes sont prélevées journellement à 14 heures sur 10 larves déjà pesées (5 femelles et 5 mâles) dans chacun des lots A, J, V, B, D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub>.

Après anesthésie à l'éther et dissection du ver à soie, les deux glandes entières sont pesées simultanément (précision 0,5 mg), puis desséchées à l'étuve (24 heures à 50°, ensuite à 110° jusqu'à poids constant), afin de connaître leur poids sec. Les mesures individuelles sont poursuivies jusqu'à la fin du filage du cocon. A partir du début de l'émission de la bave, on pèse également, après dessiccation à l'étuve, les coques soyeuses partiellement ou complètement formées.

En principe les pesées en frais sont faites sans éliminer l'eau retenue au moment de la dissection : les glandes sont simplement prélevées sous l'eau avec la pince, disposées rapidement sur une feuille de papier à cigarette tarée, et pesées aussitôt. Toutefois, un contrôle a été fait en éliminant le plus possible l'eau d'absorption à l'aide de morceaux de papier filtre.

### C. — Analyse des résultats.

#### 1° Variations de la croissance pondérale à l'intérieur de chaque population.

A partir des moyennes journalières, nous avons construit pour chaque type d'élevage et sur le même graphique les courbes de croissance glandulaire. Les temps, exprimés en jours, ont été portés en abscisses tandis que les logarithmes des poids en mg sont comptés sur les ordonnées (cf. graph. 6).

L'examen de ce graphique nous montre que *chaque courbe*, considérée jusqu'au jour du filage, est formée de deux segments de droite. La pente du premier est toujours *bien supérieure* à celle du second. En outre, le premier couvre plus de la moitié de l'intermue (5 à 6 jours), tandis que le second s'étend ensuite jusqu'à « la montée ». Rarement, un troisième, très court, termine la phase larvaire.

Le tableau XVII, p. 175, nous permet de comparer dans tous les lots les pentes de ces courbes. Nous notons en particulier que les nombres qui les représentent sont deux à trois fois *plus élevés* dans le premier segment que dans le second (0,15 à 0,26 contre 0,05 à 0,08).

La perte de poids se manifeste dès le début du filage et s'accroît progressivement jusqu'à la fin de la formation du cocon. Cette période de filage se marque sur les courbes par trois segments (un par jour), de pente négative de plus en plus accentuée.

Cette étude nous montre donc que la croissance glandulaire est *exponentielle* au même titre que la croissance larvaire. Elle présente en outre un *point critique* très marqué vers le 5<sup>e</sup>-6<sup>e</sup> jour, qui permet de distinguer deux périodes dans l'intermue : une première période, la plus longue, au cours de laquelle le taux de croissance *est élevé* ; une deuxième, caractérisée par une croissance *beaucoup plus faible*. Le point critique doit coïncider avec le début des phénomènes de maturation qui vont



précéder la nymphose. Le 1<sup>er</sup> segment correspondrait à la période pendant laquelle il se produit une croissance cellulaire intense corrélativement à une importante sécrétion soyeuse. Le 2<sup>e</sup> segment au contraire, caractériserait seulement une période de sécrétion de fibroïne et de remplissage du réservoir.

## 2<sup>o</sup> Évolution du poids larvaire en fonction du régime alimentaire.

Le poids des glandes séricigènes s'élève très lentement au cours des quatre premiers intermues. En effet, au stade de la dernière mue, il ne représente encore que 2 à 5 p. 100 du poids maximum cependant que le poids larvaire oscille déjà entre 10 et 20 p. 100 du poids maximum. Mais pendant le dernier intermue l'augmentation est considérable ; voici quelques chiffres :

- en 9 jours, les glandes de A passent de 77 à 1 753 mg
- en 10 jours, celles de J passent de 57 à 1 537 mg
- en 11 jours, celles de V passent de 44 à 1 415 mg
- en 13 jours, celles de D<sub>5</sub> passent de 21 à 740 mg.

Le tableau XVIII, p. 176, indique les poids journaliers avec les écarts types. Le jour de « la montée », au cours duquel les glandes atteignent leur poids maximum, les écarts entre les élevages extrêmes sont très marqués : on passe de 1 753 mg dans A à 740 mg dans D<sub>5</sub>.

Nous distinguons donc un premier groupe à poids élevé (A et J), un deuxième groupe à poids moyen (V et B), et un troisième groupe à poids faible (D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub>).

Toutes ces valeurs nous montrent que dans les divers élevages, le classement des poids glandulaires et larvaires maxima est semblable car les premiers sont comme les derniers *tributaires* du régime alimentaire.

La variabilité, exprimée par le rapport  $s/x$ , est du même ordre que celle qui caractérise la croissance larvaire totale. Elle s'accroît légèrement dans les lots nourris avec les feuilles les plus âgées.

L'examen des réservoirs des glandes séricigènes nous a montré que le régime alimentaire influe également sur l'époque d'apparition des pigments qui les colorent. Nous savons que dans les races indigènes de *Bombyx mori* à cocons jaunes la migration des pigments du sang vers les glandes commence plusieurs jours après le début du dernier intermue (BERGMANN, 1939). La coloration affecte d'abord la région postérieure du réservoir, ensuite sa zone moyenne, et enfin sa partie antérieure.

Dans tous les types d'élevage nous avons noté le même phénomène d'apparition de la couleur dans chacune des trois parties du réservoir, mais avec un décalage dans le temps. Le retard était d'autant plus marqué que les feuilles utilisées étaient plus mûres.

Les variations alimentaires ne paraissent pas influencer sur le compor-

tement du ver à soie pendant le filage du cocon. Ce dernier est toujours terminé, chez les individus sains, trois jours après « la montée ». Les glandes sont alors complètement vidées et, en général, décolorées, tandis que la larve n'est plus reliée au cocon par le fil de bave.

Si nous évaluons la perte journalière du poids des glandes pendant les trois jours du filage, en fonction du poids à « la montée », nous constatons :

a) Après 24 heures, la diminution est toujours faible (1,5 à 10 p. 100).

b) Ultérieurement, elle est beaucoup plus importante et semble proportionnelle au temps : 30 à 45 p. 100 après 48 heures ; 70 à 85 p. 100 après 3 jours.

Ces valeurs paraissent peu dépendantes du sexe et du régime alimentaire.

Une fois le cocon terminé, les glandes vidées ne représentent que 20 à 25 p. 100 du poids maximum.

Si on s'en tenait à ces données, on pourrait penser que l'intensité de l'émission de soie est plus faible au début qu'ensuite, alors qu'en réalité il n'y a pas de différence sensible dans le rythme de la sécrétion de cette substance protéique. Ce phénomène s'explique si on considère que pendant cette première période de 24 heures les glandes séricigènes continuent de synthétiser activement la fibroïne. Pour connaître l'importance de cette néo-formation de soie on peut, après 24 heures de filage, ajouter au poids sec des glandes séricigènes le poids sec de la coque déjà formée. Par comparaison avec les poids secs des glandes séricigènes des témoins de la veille, on déduit alors le poids de matière soyeuse formé au cours du premier jour du filage.

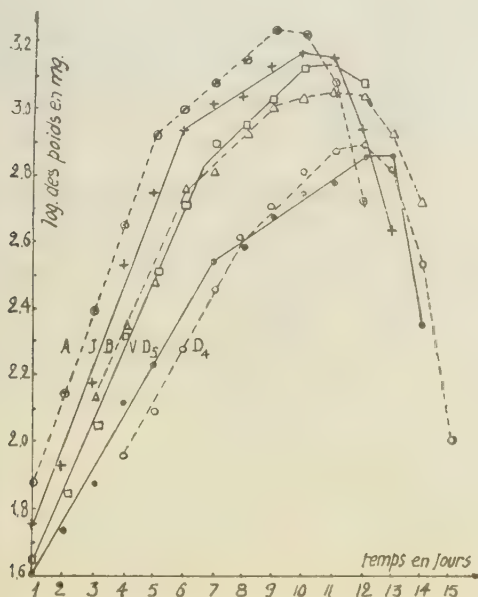
Si on calcule le rapport entre le poids maximum et le poids observé à la fin de la dernière mue, on obtient des valeurs bien supérieures à celles représentant la croissance générale du corps pendant la même période (25 à 30 contre 3,4 à 5,5). La première valeur s'élève même vers 45-50, si, avant la pesée l'eau absorbée pendant la dissection a été éliminée.

En bref, au cours du dernier intermue, la croissance glandulaire *dépasse de beaucoup* la croissance larvaire générale.

### 3° Alimentation et croissance glandulaire.

Comparons d'abord les courbes de croissance des divers types d'élevage (cf. graph. 6). Elles ont toutes la forme caractéristique déjà décrite. Toutefois, elles se distinguent les unes des autres par les pentes des divers segments de droite qui les constituent. On remarque en effet que ces pentes *diminuent progressivement* à mesure qu'augmente l'âge des feuilles de mûrier utilisées (cf. tabl. XVII, p. 175). Par exemple,

pendant la phase d'intensité de croissance maximum, ces pentes s'échelonnent de 0,26 (lot A) à 0,15 (lot D<sub>5</sub>). De même, si on considère la période d'intensité minimum qui précède le filage, on observe un éventail des pentes de 0,08 (lot A) à 0,05 (lot D<sub>5</sub>).



GRAPHIQUE 6. — Courbes pondérales de croissance des glandes séricigènes pendant le dernier intermue.

Dans les élevages J et V, l'étude faite par sexe séparé, nous a montré qu'à un même stade d'évolution, les glandes femelles sont plus lourdes que les mâles.

Nous avons ensuite calculé la croissance glandulaire moyenne par repas, soit sur l'ensemble de la vie larvaire, soit seulement pendant le dernier intermue, en prenant pour base, dans chaque lot, le poids maximum. On obtient les chiffres suivants, exprimés en mg :

Dans le premier cas : A = 15,3 ; J = 13,0 ; V = 11,1 ; B = 8,8 ; D<sub>4</sub> = 5,1 ; D<sub>5</sub> = 3,9.

Dans le second cas : A = 55 ; J = 51 ; V = 44 ; B = 43 ; D<sub>5</sub> = 39 ; D<sub>4</sub> = 18.

De la comparaison de ces deux séries de valeurs, il ressort que la croissance glandulaire au cours du dernier intermue est bien plus élevée que pendant les stades précédents.

Le classement de ces valeurs selon les types d'élevage d'une part, les différences très marquées entre les extrêmes d'autre part, confirment

nos résultats précédents et mettent de nouveau en relief le rôle prépondérant de l'alimentation.

Nous savons que dans l'élevage D, certaines larves n'ont subi que 4 mues, tandis que d'autres ont franchi une mue supplémentaire avant la nymphose. Chez ces dernières la croissance pendant le 5<sup>e</sup> intermue a été bien plus faible que chez les premières. Mais l'allongement de la vie larvaire, occasionné par l'apparition d'un 6<sup>e</sup> intermue, a permis un développement suffisant des glandes séricigènes pour qu'au début du filage leur poids moyen soit à peine inférieur à celui des larves quadrimantes (740 mg contre 814 mg).

#### 4° Comparaison des croissances glandulaire et larvaire totale.

La comparaison entre la croissance glandulaire et la croissance larvaire a été faite à partir du calcul des pentes des courbes de croissance. Les résultats, portés dans le tableau XVII, p. 175, nous montrent que dans la première moitié de l'intermue, avant le point critique, l'intensité de la croissance des glandes séricigènes présente une *forte allométrie positive* par rapport à celle de l'ensemble du corps. Ensuite l'allométrie devient très faible jusqu'au filage.

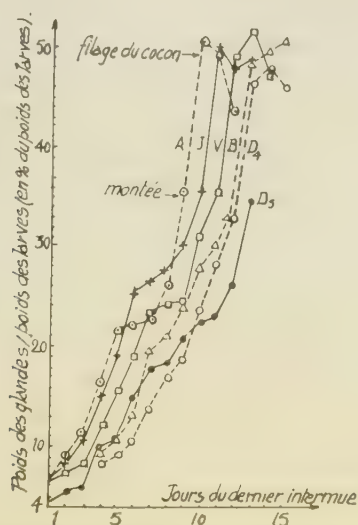
Pour confirmer nos conclusions nous avons calculé chaque jour, jusqu'à la fin de l'émission de la soie, le rapport P entre le poids des glandes et celui des larves correspondantes. Pendant les trois jours du filage du cocon nous avons tenu compte, dans les calculs des poids respectifs des larves et des glandes, de la masse de soie déjà excrétée. Pour cela, cette soie a d'abord été pesée en sec. Le poids sec a ensuite été transformé en poids frais, après avoir constaté qu'au moment du filage la teneur en eau des glandes séricigènes est assez constante, voisine de 78 p. 100. La valeur ainsi déterminée a été ajoutée d'une part au poids des glandes, d'autre part à celui des larves. Cette méthode de calcul nous a permis d'estimer la valeur du rapport P pendant toute la période de formation du cocon.

Le graphique 7, qui donne l'évolution de ce rapport dans les différents élevages, permet de tirer les conclusions suivantes :

a) A l'intérieur d'une même population, le rapport P *augmente* jusqu'au début du filage. Il croît d'abord assez rapidement, jusqu'au point critique, à cause de la forte allométrie positive déjà signalée ; plus lentement ensuite. Pendant les deux ou trois jours précédant la maturité de la larve, il s'élève de nouveau brusquement jusqu'à « la montée », à cause de la diminution régulière du poids larvaire au cours de cette période, tandis que les glandes continuent leur croissance. Enfin, pendant toute l'émission de la soie, P varie très peu si on tient compte du poids de la fibre déjà formée. Les comparaisons entre sexes,

réalisées dans les lots J et V, nous ont montré que le rapport P est toujours plus élevé chez les mâles. Ce fait s'explique si on considère que les différences pondérales à caractère sexuel sont bien plus accentuées entre poids larvaires qu'entre poids glandulaires. L'épuration protidique, sous forme de soie, est donc *plus poussée* chez les mâles que chez les femelles. Par contre, chez ces dernières, une partie plus importante des substances protéiques, fixée temporairement dans le tissu adipeux, se localisera ultérieurement dans les organes génitaux de la nymphe (ALLEGRET, 1956).

b) Si on compare les deux lots entre eux, on remarque d'abord qu'au début du dernier intermue P est *plus élevé* dans les lots nourris



GRAPHIQUE 7. — Variations du rapport : poids des glandes/poids des larves au cours du dernier intermue (en frais).

avec les feuilles les plus jeunes. Les larves de ces lots ont donc, après la 4<sup>e</sup> mue, les glandes séricigènes les plus développées. Ensuite, il y a compensation, laquelle s'explique si on considère que les vers utilisant les feuilles de mûrier âgées ont un intermue plus long ou même présentent dans certains cas un intermue supplémentaire. Grâce à cette *compensation*, au moment de « la montée », le rapport P a sensiblement la même valeur dans toutes les populations (34-35 p. 100). Cette valeur s'abaisse vers 30 p. 100 si l'eau d'absorption pendant la dissection a été éliminée avant la pesée.

Dès le début du filage, le rapport P s'élève brusquement vers 50 p. 100 et se maintient autour de ce taux pendant les trois jours de la formation du cocon, si on tient compte du poids sécrété chaque jour.



Les données précédentes mettent donc en relief *une étroite relation entre les poids larvaires et glandulaires au stade de la maturation, pratiquement indépendante du mode d'alimentation.*

### 5° Variations de la teneur en eau des glandes séricigènes et de l'ensemble des tissus larvaires.

Les variations de la teneur en eau des glandes séricigènes ont été déduites des comparaisons au cours d'une même journée entre leurs



GRAPHIQUE 8. - Variations de la teneur en eau des larves et des glandes séricigènes au cours du 5<sup>e</sup> intermue (lot J).

————— glandes séricigènes, - - - - - larves.

poids frais et sec. L'étude a d'abord porté sur les lots J et V. Un contrôle ultérieur a été réalisé avec deux témoins, comparables à ces deux lots.

Le graphique 8 nous montre que cette teneur diminue régulièrement pendant le dernier intermue jusqu'au début de la formation du cocon, par exemple de 91,5 à 77,5 p. 100 dans le lot J. Il se produit donc après la 4<sup>e</sup> mue une concentration progressive du contenu glandulaire qui atteint son maximum lorsque le ver file les premières couches du cocon.

On trouve des valeurs très voisines dans les deux sexes.

Enfin, l'âge de la feuille de mûrier, utilisée comme aliment, ne paraît pas avoir d'influence sensible sur la teneur en eau de ces glandes.

Si par comparaison on analyse la teneur en eau de la totalité de la larve, on trouve des variations très faibles pendant toute la vie larvaire. PELIGOT (1853), TEISSIER (1931), et LEGAY (1951) donnent des valeurs de 83-85 p. 100, exprimées en fonction du poids frais. Des teneurs en eau du même ordre sont présentées par SHINODA (1925) sur les larves de *Dictyoploca japonica*, et TEISSIER (1931), sur celles de *Tenebrio molitor*.

Cependant, notre étude faite sur les élevages J et V, nous montre que ces valeurs ne peuvent être retenues que si on néglige la deuxième moitié du dernier intermue au cours de laquelle se réalisent progressivement les phénomènes de maturation et les remaniements tissulaires qui précèdent la nymphose. Ces phénomènes sont accompagnés par une diminution de la taille et du poids.

Nos résultats (cf. graph. 8) peuvent se résumer comme suit :

1° Pendant les 5 à 6 jours qui suivent la 4<sup>e</sup> mue la teneur en eau garde la même valeur que précédemment.

2° Ensuite, jusqu'au premier jour du coconnage, il se produit une chute lente ramenant cette teneur de 85,5 à 74,4 p. 100.

3° Le pourcentage d'eau se relève faiblement pendant toute la période du filage du cocon, jusqu'à un niveau de l'ordre de 77 p. 100.

4° Les variations sont du même ordre dans les deux sexes.

5° Le régime alimentaire ne paraît pas influencer la teneur en eau des tissus larvaires.

Ces résultats s'expliquent si on considère que deux groupes de facteurs conjuguent leurs effets, les uns liés aux modifications de l'activité alimentaire, les autres causés par la concentration progressive du contenu des glandes séricigènes.

1° Modifications de l'activité alimentaire.

Après la période de grande alimentation qui précède le point critique, l'appétit diminue rapidement et bientôt la larve observe un jeûne complet, de sorte que les réserves alimentaires de l'intestin décroissent progressivement, puis disparaissent. Il se produit alors une perte importante d'eau par voie rectale : les crottes émises sont de plus en plus aqueuses, particulièrement celles rejetées pendant la courte période qui suit « la montée » et précède le filage. La toute dernière n'est d'ailleurs qu'une solution très diluée de sels alcalins.

2° Concentration de la soie dans les glandes séricigènes.

La comparaison des teneurs en eau de la glande et de la larve (cf. graph. 8) nous montre que la concentration en matière sèche des glandes séricigènes est beaucoup plus précoce que celle affectant l'ensemble de la larve et qui résulte de modifications survenues dans le tube digestif.

Comme pendant tout le dernier intermue la croissance glandulaire présente une forte allométrie positive par rapport à la croissance larvaire, nous avons vu que le rapport entre le poids des glandes et celui de l'ensemble du corps croît régulièrement jusqu'à la maturité. En conséquence, l'influence de la teneur en eau des glandes séricigènes sur celle de l'ensemble du corps sera de plus en plus prononcée.

Or, après le point critique, leur taux de matière sèche dépasse celui de l'ensemble du corps (cf. graph. 8) même si on ne tient pas compte des modifications apportées par le tube digestif. Il en résulte donc un appauvrissement général en eau.

Enfin, pendant le filage, l'émission de la matière soyeuse, plus aqueuse que les tissus larvaires, explique le relèvement de la concentration en matière sèche de ces derniers.

## VII. — VARIATIONS PONDÉRALES PENDANT LA VIE NYMPHALE

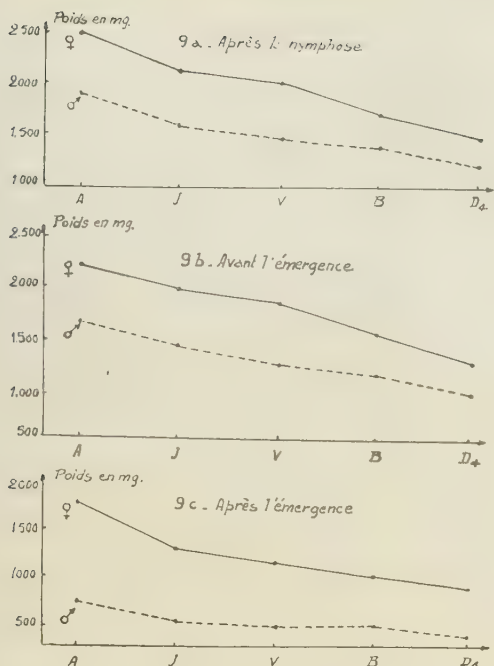
À une température de 20°C, la nymphose se produit vers le troisième jour qui suit l'émission de la soie. Dans les mêmes conditions, la chrysalide, qui vit exclusivement sur les réserves accumulées par le ver à soie subira à son tour la mue imaginale 16 à 17 jours après la mue nymphale.

Nous avons suivi, pendant toute la vie nymphale, la diminution progressive du poids, jusqu'à l'émergence du papillon, en tenant compte des conditions d'alimentation de la larve. Pour cela, au moment de « la montée », nous avons prélevé au hasard, dans chaque type d'élevage, 20 larves mâles et 20 larves femelles que nous avons placées dans des casiers isolateurs, situés dans la salle d'élevage des vers à soie.

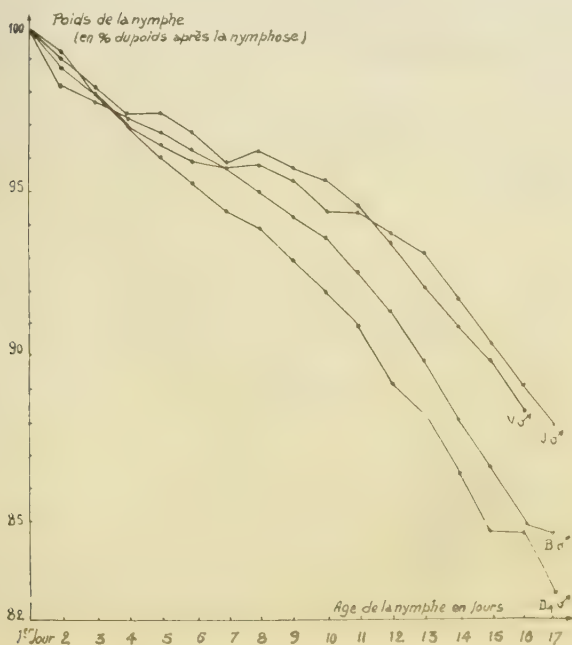
Chaque jour à 14 heures, à partir du début du filage, les pesées individuelles ont été faites (précision 1 mg), d'abord sur les larves, plus tardivement sur les chrysalides, et enfin sur les imagos. Pendant la formation du cocon, la soie émise était enlevée avant la pesée.

De cette manière, nous avons déterminé l'évolution pondérale de chaque insecte, depuis le dernier jour larvaire avant la nymphose, jusqu'au premier jour de l'imago après l'émergence. L'analyse des moyennes journalières, calculées par sexe et par type d'élevage, nous a conduit aux résultats suivants :

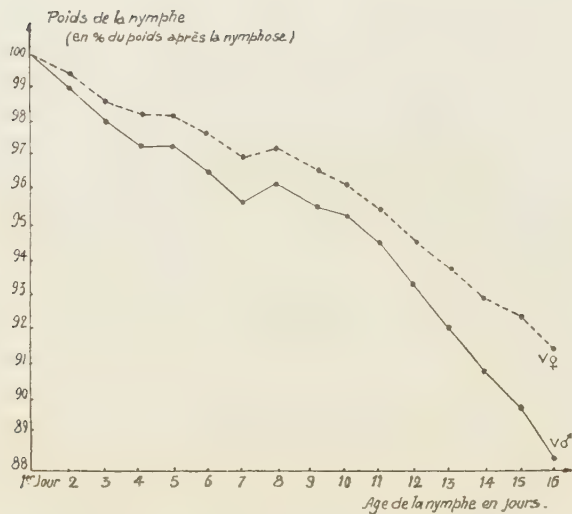
1° Les poids absolus des chrysalides, mesurés à une période quelconque du stade nymphal, de même que ceux des imagos le jour de l'émergence, sont *fortement influencés* à la fois par le sexe et par le régime alimentaire des larves. Les graphiques 9a à 9c montrent en effet que ces poids s'abaissent progressivement à mesure que diminue l'indice minéral des feuilles de mûrier qui ont alimenté les larves. Les rapports entre les valeurs dans les élevages extrêmes sont d'environ 23 p. 100 après la nymphose, 26 p. 100 avant l'émergence et 53 p. 100 après l'émergence.



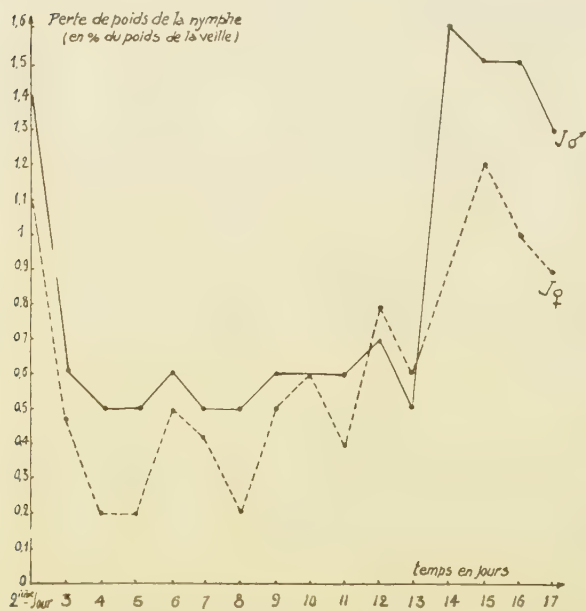
GRAPHIQUE 9. — Influence de l'alimentation sur les poids de la nymphe et de l'imago.



GRAPHIQUE 10. — Influence de l'alimentation sur la perte de poids pendant la vie nymphale.



GRAPHIQUE 11. — Influence du sexe sur la perte de poids pendant la vie nymphale.



GRAPHIQUE 12. — Variations pondérales pendant la vie nymphale.



A l'intérieur d'une même population, les femelles sont beaucoup plus lourdes que les mâles. Le poids moyen des nymphes mâles ne représente que 58 p. 100 de celui des femelles. Le poids moyen des imagos mâles n'est plus que la moitié de celui des imagos femelles. Comme l'a signalé ALLEGRET (1956) ces différences traduisent des taux d'élimination des déchets toujours bien plus forts chez les mâles.

2° Les comparaisons entre lots nous montrent que la perte de poids pendant la vie nymphale est *d'autant plus accentuée* que la feuille utilisée est plus âgée (cf. graph. 10).

Ces résultats sont la conséquence de l'inégalité des poids larvaires. On sait en effet que les chrysalides les plus petites subissent les échanges respiratoires les plus intenses, c'est-à-dire les pertes relatives de poids les plus fortes.

Pour la même raison, dans un même lot, les pertes de poids l'emportent toujours chez les mâles (cf. graph. 11).

3° En calculant chaque jour le poids de la nymphe en p. 100 du poids de la veille, nous avons déduit la perte journalière par 24 h, ce qui nous a permis de *mettre en évidence* les périodes pendant lesquelles le métabolisme s'accélère ou se ralentit.

Nous avons obtenu des courbes en U telles que celles du graphique 12. Ces courbes, en accord avec celles de LUCIANI LO MONACO (1893), TAYLOR (1927), et URECH (1890) montrent une décroissance rapide du poids au début de la vie nymphale et avant l'émergence, c'est-à-dire pendant les deux périodes au cours desquelles se produisent les transformations histologiques les plus accentuées.

4° La durée de la vie nymphale *n'est pratiquement pas modifiée* ni par le sexe, ni par les conditions alimentaires : l'émergence a commencé dans tous les lots le 16<sup>e</sup> jour qui suit la nymphose (le 17<sup>e</sup> jour pour J) et elle s'est poursuivie pendant trois jours dans chaque élevage.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA DEUXIÈME PARTIE

Nous avons pu mettre en évidence dans cette deuxième partie les points suivants :

### 1° En ce qui concerne la prise de nourriture.

La structure anatomo-morphologique des feuilles de mûrier, liée au stade physiologique de l'arbre au moment de la cueillette, influe d'une manière très marquée sur la prise de nourriture, et par suite sur la quantité d'aliments ingérés pendant le repas. D'autre part, comme cette

structure correspond à une composition chimique déterminée de l'aliment. elle conditionne également la croissance du tube digestif, c'est-à-dire le volume de ce dernier, duquel dépend l'importance des repas ultérieurs.

## 2° Vis-à-vis de la biologie larvaire.

a) L'intensité de la croissance larvaire est sous l'étroite dépendance de la constitution physique et de la composition chimique des feuilles : optimum avec de jeunes feuilles, elle est minimum avec des feuilles mûres.

Outre sa faible teneur en principes immédiats indispensables au développement larvaire, il est possible que la feuille âgée soit dépourvue de certains oligoéléments utiles, ou même qu'elle contienne des substances inhibitrices de la croissance larvaire.

b) L'alimentation influe surtout sur la croissance au cours du premier intermue. Les très jeunes larves paraissent en effet mal adaptées à l'utilisation des feuilles trop dures ou trop épaisses.

c) A mesure que l'indice minéral des feuilles diminue, il se produit corrélativement un allongement progressif de la vie larvaire ; cependant, malgré cet allongement, les poids larvaires à la fin de chaque intermue sont en liaison inverse avec la durée de cet intermue.

d) Si l'indice minéral s'abaisse trop, chez les feuilles mûres et très mûres, c'est-à-dire devient inférieur à l'unité, le cycle évolutif se modifie : il se produit une mue supplémentaire, d'abord chez quelques individus, ensuite dans la totalité de la population. Cette mue surnuméraire, qui apparaît chez les chenilles nettement sous-alimentées, doit permettre, en prolongeant le cycle larvaire, une accumulation de substances de réserve suffisante pour que puissent se déclencher les mécanismes du filage et de la nymphose.

e) L'emploi, pendant toute la période du développement du ver à soie, d'une alimentation formée exclusivement de feuilles trop jeunes ou trop mûres, donne naissance à des formes pathologiques particulières liées à l'état de ces feuilles.

## 3° Au sujet des glandes séricigènes.

a) La croissance pondérale des glandes séricigènes pendant le dernier intermue est exponentielle et présente un point critique au-delà duquel le rythme de cette croissance se ralentit.

Ce point critique semble séparer deux phases physiologiquement différentes de l'intermue. Au cours de la première phase la croissance de la paroi cellulaire accompagnerait la sécrétion du liquide soyeux, tandis que pendant la seconde, seule cette sécrétion serait active, occasionnant le remplissage progressif du réservoir.

b) L'intensité de la croissance est en relation directe avec l'état de développement des feuilles de mûrier utilisées comme aliment, c'est-à-dire avec leur indice minéral.

c) La croissance des glandes séricigènes présente une forte allométrie positive par rapport à celle de l'ensemble du corps, particulièrement au début de l'intermue.

d) Il y a une étroite relation, indépendante de l'alimentation, entre les poids larvaires et les poids glandulaires au moment de la maturation. Il semble donc que le *déclenchement* des processus physiologiques responsables du filage, soit *lié à un certain taux* d'accumulation de la sécrétion dans les glandes séricigènes ainsi qu'à une *standardisation* de la larve mûre.

e) La diminution constante de la teneur en eau des glandes séricigènes et de l'ensemble du corps de la larve au cours de la période comprise entre le point critique et le début du filage est en *liaison directe* avec l'apparition des processus physiologiques qui précèdent la nymphose.

Nous pensons que cette modification chimique du liquide soyeux entraîne un *accroissement progressif* de sa viscosité, grâce auquel l'*émission ultérieure de soie* devient possible sous la forme d'un long filament.

f) La *durée de la vie nymphale* n'est pas affectée par le régime alimentaire. Par contre, les variations pondérales de la chrysalide sont en étroite liaison avec ce régime, puisqu'elles dépendent, pour un sexe déterminé, du poids larvaire au moment de la nymphose.

---



## TROISIÈME PARTIE

### LA SÉCRÉTION DE LA SOIE, LE COCON ET LA FIBRE.

Nous savons que la soie est excrétée essentiellement par les glandes séricigènes des chenilles de Lépidoptères. Constituée par un ensemble de produits protéiques complexes, elle est émise sous la forme de longs fils.

Les glandes séricigènes sont formées chez *Bombyx mori* par deux longs tubes qui s'étendent tout le long du corps, depuis l'extrémité antérieure jusqu'au quart postérieur, et se réunissent dans la tête en un canal unique, appelé tube fileur qui aboutit à la filière d'où s'échappe la soie. Chaque glande subit sur son trajet des changements de volume considérables qui permettent d'y reconnaître trois parties bien distinctes qu'on appelle, d'après leurs fonctions, le tube producteur, le réservoir et le tube conducteur. Le tube producteur est mince, allongé et d'un diamètre presque uniforme. Le volume du réservoir surpasse de beaucoup celui des deux autres parties. Ce réservoir décrit successivement deux courbures, formant trois segments parallèles les uns aux autres. Le tube conducteur est court et mince. Au point de jonction des deux tubes conducteurs, se situent les deux glandes de Lyonet.

Sur son court trajet le tube fileur présente un organe spécial, appelé presse dont les parois épaissies sont chitineuses. Trois paires de muscles improprement appelés muscles fileurs s'insèrent dans la région de la presse.

Le tube fileur se continue au-delà de la presse dans le labium, pénètre dans la filière et se termine à l'extrémité de cette dernière par l'orifice d'évacuation de la soie.

L'appareil séricigène est constitué par une seule couche de cellules. Au niveau de la lumière de la glande, les cellules de la partie sécrétrice présentent une différenciation protoplasmique, appelée intima, dans l'épaisseur de laquelle se dessine un réseau cuticulaire laissant échapper à travers ses mailles la matière soyeuse formée dans le protoplasme.

Le noyau, très polymorphe, envoie de nombreuses digitations dans toutes les directions, ce qui lui permet d'augmenter considérablement



son volume. Il renferme plusieurs nucléoles et de nombreux grains de chromatine.

MAZIARSKI (1912), NAKAHARA (1917), PAILLOT et coll. 1927, 1928) estiment que la sécrétion est surtout d'origine nucléaire. L'ESPERON (1937) donne au contraire au cytoplasme un rôle prépondérant, mais ne nie pas une participation du noyau à la synthèse de la soie. Ce dernier rejetterait dans le cytoplasme des éléments non figurés qui filtreraient à travers la membrane nucléaire. De toute manière, sur des larves au dernier intermue, le cytoplasme est bourré de trainées de sécrétion. En résumé, la sécrétion paraît être l'œuvre de toute la cellule, et non d'un organe déterminé.

Les protéines nécessaires à la formation de la soie sont empruntées aux feuilles de mûrier (FUKUDA, 1951); elles sont ensuite transformées par la digestion en peptides solubles et acides aminés qui passent dans l'hémolymphe (BROMLEY, 1940).

D'après FUKUDA (1951, 1955, 1956) la moitié des protéines de la larve est employée à faire le cocon. Elle provient soit directement de l'hémolymphe, soit des différents tissus. Dans ce dernier cas, les protéines sont solubilisées et véhiculées par le sang vers les glandes séricigènes : DEMIANOVSKI et coll. (1950), FUKUDA (1951).

DENUCE (1952 *a* et *b*) pense que certaines phosphatases, qu'il a isolées dans les glandes séricigènes, joueraient un rôle important dans la synthèse intracellulaire de la fibroïne.

Lorsque la soie est formée, elle suinte goutte à goutte à travers les mailles de l'intima, et pénètre dans la lumière des glandes. Ces gouttes se fusionnent peu à peu pour constituer la masse de soie.

La soie est formée par la réunion de deux substances : la fibroïne et la séricine ou grès. La fibroïne est sécrétée exclusivement par les parois du tube producteur tandis que la séricine est issue de celles du réservoir. Des coupes microscopiques montrent que dans le réservoir on observe un cylindre de fibroïne entouré par la séricine. Cette dernière se colore dans certaines races de *Bombyx mori*, après fixation de pigments provenant de la feuille de mûrier.

L'émission continue de fibroïne, la pression exercée par la soie accumulée dans le réservoir sur les parois de ce dernier et les mouvements du corps expliquent le cheminement progressif de la matière soyeuse vers la filière. Arrivés dans le tube fileur les deux fils s'accolent l'un à l'autre au moyen de la couche de grès. La fibre ou bave avec laquelle le ver à soie va tisser son cocon est donc formée de deux brins de fibroïne séparés et complètement enrobés dans une couche de séricine (cf. fig. V, VIa et VIb).

On a longtemps pensé que la presse était un organe actif, susceptible de modifier sa section sous l'action des muscles fileurs, ce qui lui permet-

trait de régler la forme et l'épaisseur de la bave. Mais nous allons montrer qu'il faut considérer simplement cette presse comme un organe passif qui conditionne le débit de la soie. Nos résultats sont d'ailleurs en accord avec ceux d'ALLEGRET (1956), ainsi qu'avec ceux qui résultent des travaux conduits en collaboration avec ce dernier auteur (ALLEGRET et FRAISSE, 1958), par l'emploi d'une méthode différente.

\* Nous préciserons ultérieurement les conditions de l'émission du fil (cf. p. 100).

Le rejet de la soie se renouvelle à plusieurs reprises pendant tout le cycle larvaire, en particulier à la naissance et avant chaque mue. Mais ce n'est qu'à la fin de la vie que l'émission soyeuse se produit abondamment sous la forme d'un fil continu de 600 à 800 m de longueur dépassant même parfois 1 500 m.

L'élaboration du cocon s'effectue en un temps assez court, de l'ordre de 3 à 4 jours. Le fil est d'abord déposé sur un support <sup>(1)</sup>. La larve commence à construire un réseau lâche qui entourera le cocon proprement dit : c'est la blaze. A l'intérieur de ce réseau, et grâce aux mouvements de la partie antérieure de son corps, le ver à soie, qui se trouve enfermé dans un espace ovoïde, dépose alors son fil de façon régulière, sous la forme de 8, serrés les uns contre les autres.

WILLIAMS et coll. (1953 *a* et *b*) ont minutieusement étudié le comportement de la chenille au cours du filage.

La signification physiologique de la soie a été très discutée. Il semble toutefois de plus en plus certain, à la lumière des études de LÉSPERON (1937), et ALLEGRET (1956), que la soie doit être considérée comme un produit d'excrétion. La formation séricigène pourrait donc suppléer, dans le métabolisme des substances protéiques, à l'insuffisance des processus de désamination. Elle compléterait l'action des tubes de Malpighi, et elle jouerait le rôle d'organe régulateur devant amener le milieu intérieur à un certain état d'équilibre au moment de la nymphose.

\* \* \*

Cette brève introduction met en relief les diverses répercussions de l'alimentation sur la sécrétion de la soie :

1° Elle est susceptible de provoquer sur le comportement larvaire pendant le filage des modifications qui influenceront sur les caractères du cocon.

2° Son action se manifeste aussi sur le volume de la matière soyeuse, la taille de la chenille c'est-à-dire les dimensions de la partie mobile du corps. Elle détermine donc, au moins partiellement, les conditions du rejet de la soie ainsi que la forme et le volume du cocon.

<sup>(1)</sup> Les sériciculteurs français disposent des rameaux de bruyère près des vers à soie, au moment de la formation des cocons, afin de faciliter le travail de la larve.

Elle peut également interférer sur la section de l'appareil fileur, par suite sur le diamètre et la forme de la fibre desquels dépendent ses autres caractéristiques physiques.

3° Enfin, comme les protéines nécessaires à l'élaboration de la soie sont empruntées exclusivement aux feuilles de mûrier, une modification de l'indice minéral de ces dernières risque d'occasionner des changements quantitatifs et probablement qualitatifs des aminoacides véhiculés par l'hémolymph vers les cellules glandulaires. Ces modifications sont susceptibles de se répercuter de plusieurs manières sur l'émission de la soie et sur sa composition :

a) Sur la viscosité du liquide soyeux accumulé dans les réservoirs, c'est-à-dire sur les conditions physiques de la formation du fil.

b) Sur l'intensité de la sécrétion cellulaire en fibroïne, en séricine, ou même en ces deux substances, modifiant ainsi les taux respectifs de ces deux matières dans la fibre.

c) Sur la structure physico-chimique de la soie.



Pour analyser sous tous ses aspects l'influence de l'âge de la feuille de mûrier sur la sécrétion de la soie, nous avons réalisé, au cours des chapitres suivants, une étude systématique des caractères du cocon et de la fibre de soie.

Nous avons d'abord établi toutes les caractéristiques de l'élevage type A, afin de comparer ensuite chacun des autres élevages à ce témoin.

De l'examen des résultats nous déduirons de quelle manière la sécrétion de la soie a été affectée par le régime alimentaire, et éventuellement par le sexe et la race.

## CHAPITRE PREMIER

### LES CARACTÈRES BIOMÉTRIQUES DU COCON.

Nous avons d'abord étudié l'influence du régime alimentaire et du sexe sur les caractères morphologiques du cocon. Nous avons cherché ensuite à mettre en évidence les liaisons qui existent entre ces caractères, et à en déduire ceux qui présentaient une plus grande importance, soit par une variation due à l'alimentation, soit par leur constance.

En vue de l'interprétation de l'ensemble des résultats, nous avons réalisé un travail biométrique sous la forme d'analyse de variance <sup>(1)</sup> de chacun des caractères considérés. Dans une première partie, ces analyses permettent de séparer deux facteurs de variations : le sexe, avec deux niveaux mâle et femelle, et le régime alimentaire, avec six niveaux : élevages A, J, V, B, D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub> <sup>(2)</sup>.

Précisons d'abord la technique de travail.

#### I. — MÉTHODE ET MATÉRIEL

Au moment de la maturité, les larves de chaque élevage sont triées par sexe, puis introduites isolément dans des cornets en papier perforé d'une capacité moyenne de 400 cm<sup>3</sup>, et d'une hauteur de 15 cm. Ces cornets (250 par sexe et par lot) sont disposés dans la magnanerie sur des claies vides.

Les cocons de tous les lots sont retirés des cornets le huitième jour. Ils sont tous de couleur jaune, de forme cylindrique et ceintrés au milieu.

On prélève alors au hasard sur chaque lot 50 cocons mâles et 50 cocons femelles, et on effectue immédiatement les mesures individuelles suivantes :

- 1° **Poids du cocon**, à l'aide d'une balance dont la précision est de 1 mg.

<sup>(1)</sup> L'analyse de variance permet d'estimer les variations ayant pour origine les facteurs contrôlés (alimentation et sexe) et de les comparer à la variance résiduelle (part de la variation en rapport avec l'ensemble des facteurs non contrôlés).

<sup>(2)</sup> L'élevage C n'a pas été retenu, car il n'était représenté que par un nombre trop faible d'individus, et l'élevage D a été considéré comme résultant de l'action de deux traitements séparés, suivant le nombre des mues (D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub>).

2° **Longueur du cocon**, au pied à coulisse (précision = 0,1 mm) ( $L$ , fig. 3).

3° **Largeur du cocon**, avec le même appareil.

On mesure les deux largeurs maxima  $l_1$  et  $l_2$  (fig. III) situées de part et d'autre de la partie centrée, et on calcule la moyenne  $\bar{l}$ .

4° **Largeur du ceintre** ou largeur minimum ( $l_3$ , fig. III).

5° **Volume du cocon**, en  $\text{mm}^3$ .

Pour cette mesure, nous utilisons la réaction du principe d'Archimède. On dépose sur un des plateaux d'une balance (précision : 5 mg) un verre rempli aux trois quarts d'eau distillée. On assure l'équilibre par une tare. Le cocon est ensuite immergé dans l'eau, et on l'empêche de flotter à l'aide d'un étrier formé de trois fils métalliques fins. Cet étrier est maintenu immobile à l'aide d'un support.

Dès que le cocon est plongé dans l'eau, l'équilibre est rompu ; il faut alors ajouter du côté de la tare des masses marquées qui expriment

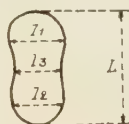


FIG. III. — Les dimensions du cocon.

à la fois le poids et le volume de l'eau déplacée, donc le volume du cocon. Une correction est faite pour ramener la température à 20°C.

On commet une légère erreur, car il est très difficile de chasser toutes les bulles d'air réparties à la surface du cocon, mais cette erreur n'est pas supérieure à 0,7 p. 100, compte tenu de la pesée.

6° **Poids de la coque de soie.**

A l'aide d'une paire de ciseaux, on découpe la coque en deux parties selon la ligne  $l_3$  (cf. fig. 3) et on retire la chrysalide.

Les deux parties, pesées ensemble à l'aide d'une balance dont la précision est de 0,1 mg donnent le poids de la coque.

7° **Poids de coque par  $\text{mm}^2$ .**

On découpe à l'emporte-pièce une rondelle de 100  $\text{mm}^2$  dans chacun des deux éléments de la coque. On les pèse et on fait la moyenne.

8° **Surface du cocon.**

On l'obtient en appliquant la formule : surface = poids de la coque/poids de coque par  $\text{mm}^2$ .

L'épaisseur de la coque n'étant pas toujours uniforme, nous n'obtenons qu'une valeur approximative de la surface ; c'est d'ailleurs pour réduire l'erreur relative que nous découpons deux rondelles au lieu d'une.



### 9° Épaisseur de la coque.

On fait une mesure sur chaque rondelle, avec le pied à coulisse, et on calcule la moyenne.

L'examen de la morphologie externe de la chrysalide permet de vérifier le sexe, lequel avait déjà été déterminé sur la larve.

### 10° Richesse soyeuse.

C'est le rapport des poids de la coque et du cocon.

Certains caractères ont été mesurés sur tous les cocons étudiés ; d'autres sur une partie seulement. Les premiers comprennent : poids du cocon (P. C.), longueur (L. C.), largeur maximum ( $l_1C$ ), largeur au niveau du ceintre ( $l_2C$ ), et volume (V. C.). Les seconds comprennent en plus l'épaisseur de la coque (E. c.), son poids (P. c.), et le poids sec de l'unité de surface de cette dernière (p).

On a considéré non pas les mesures elles-mêmes, mais leurs logarithmes, en vue de pouvoir les comparer entre elles.

Pour faciliter les calculs, elle ont été codifiées conformément au tableau suivant :

PC = 1 000 log. (poids cocon/10)	unité de mesure = mg
LC = 1 000 log. (longueur cocon/1 000)	— = mm
$l_1C$ = 1 000 log. (largeur cocon/1 000)	— = mm
$l_2C$ = 1 000 log. (largeur du ceintre/1 000)	— = mm
VC = 1 000 log. (volume cocon/10)	— = mm <sup>3</sup>
Ec = 100 log. (épaisseur coque)	— = mm/100
Pc = 1 000 log. (poids frais coque/100)	— = mg
p = 1 000 log. (poids sec coque par mm <sup>2</sup> × 10)	— = mg

## II. — INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LES CARACTÈRES DU COCON PRIS ISOLÉMENT

A notre connaissance, aucune étude n'a été faite sur ce sujet. Signalons toutefois ROBINET (1840), DEMIANOVSKI (1932) et KISHI (1933), qui, à la fin d'une étude technique sur les élevages de vers à soie, décrivent les caractères des cocons récoltés selon la saison.

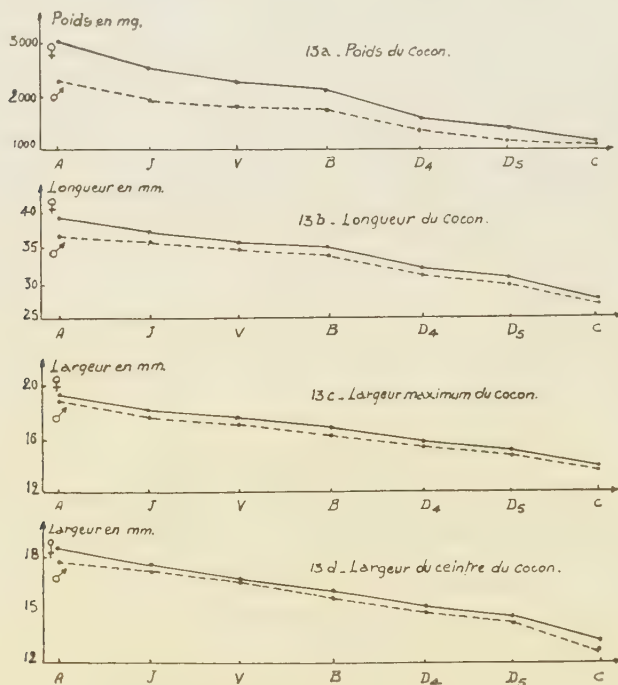
Dans notre analyse biométrique, nous avons vérifié que, pour chacun des caractères, la variance dans les différents lots n'est pas liée à la moyenne, c'est-à-dire que les variations d'un même caractère sont du même ordre dans les 12 groupes étudiés. Nous pouvons donc appliquer valablement la technique d'analyse de variance. Ces analyses figurent dans les tableaux XIX et XX, p. 177 et 178.

On voit que les variations dues au facteur « alimentation » sont constamment très hautement significatives, surtout pour le poids, les dimensions et le volume du cocon, ainsi que le poids et l'épaisseur de la coque.

En ce qui concerne le facteur sexe, les différences sont en général significatives, mais à un degré moindre.

L'interaction entre ces deux facteurs n'est significative que pour le poids du cocon, sa longueur et l'épaisseur de la coque. Cependant, même dans ces cas, elle est d'une importance beaucoup moindre que pour les facteurs principaux.

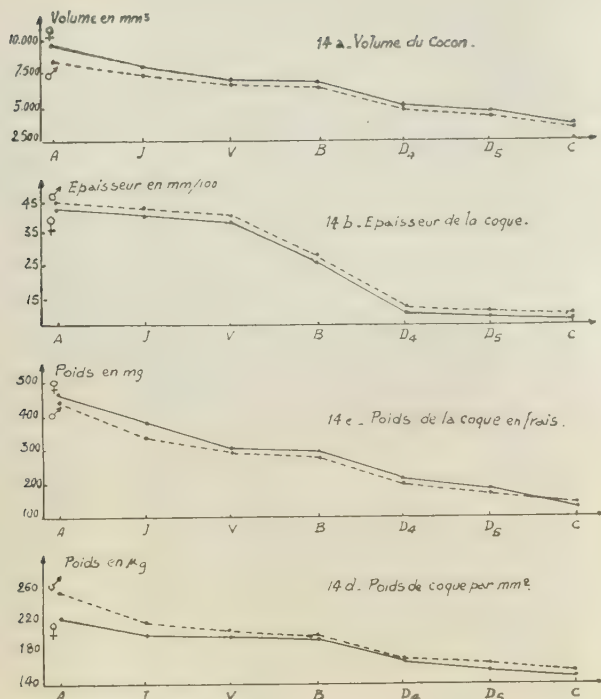
La représentation graphique des moyennes de chaque lot, par sexe et par régime alimentaire (cf. graph. 13 à 15 et fig. IV), montre que ces variations sont toujours liées à ce régime. Si pour chaque sexe on classe les lots selon les valeurs décroissantes de l'indice minéral des feuilles



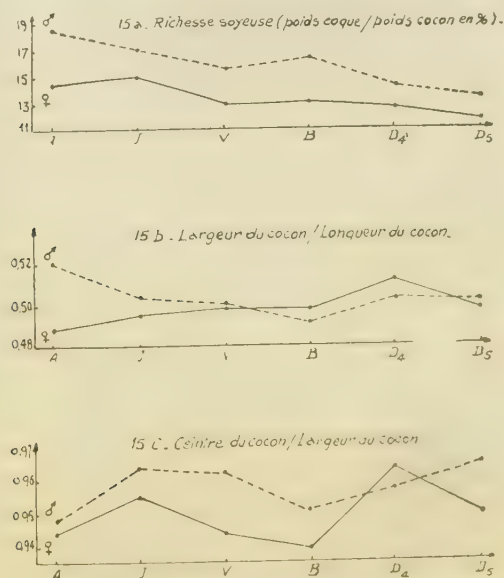
GRAPHIQUE 13. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères du cocon.

de mûrier ayant alimenté les larves : A, J, V, B, D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub> et C, les courbes représentant ces variations sont toutes régulièrement descendantes. Il en résulte que les valeurs moyennes de chacun des caractères analysés diminuent d'une manière continue à mesure que la feuille de mûrier approche de sa maturité. En général, la diminution est d'abord régulière jusqu'à l'élevage du début de l'été. Ensuite, une rupture de pente apparaît souvent lorsqu'on passe aux élevages d'automne. C'est particulièrement net pour l'épaisseur et le poids de la coque (cf. graph. 14b et 14c).

D'autre part, les différences entre sexes se traduisent par un écart



GRAPHIQUE 14. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères du cocon (suite).



GRAPHIQUE 15. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères du cocon (suite et fin).

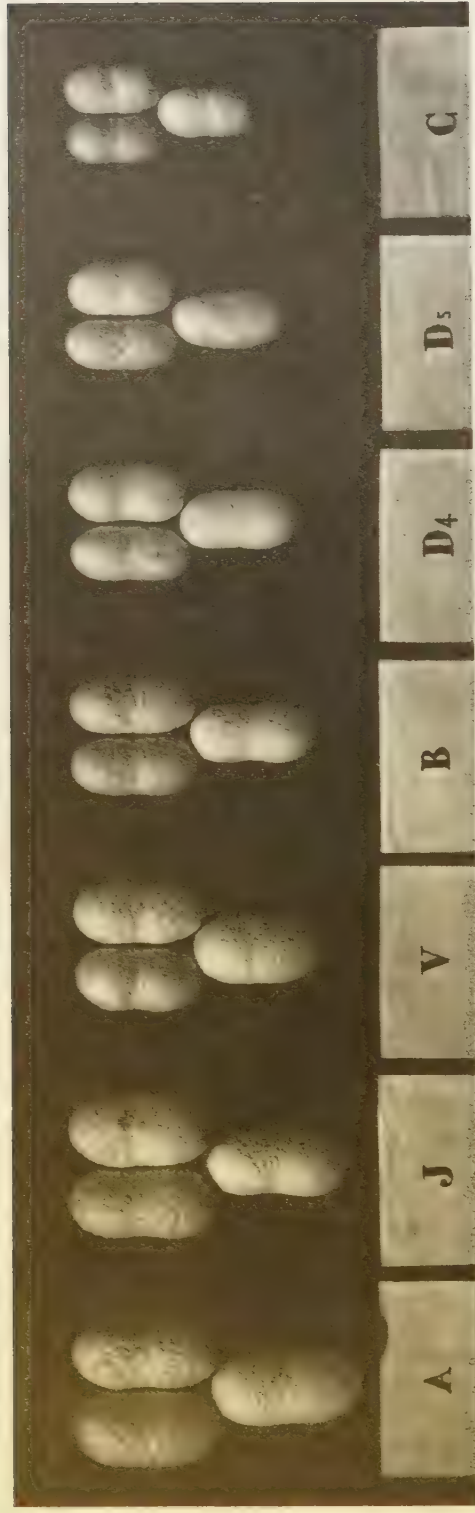


Fig. 14. — Volume des tubercules en fonction de l'âge de la feuille de minier utilisée par les vers à soie d'éducation : A, 9; V, feuille de 66 jours; B, feuille de 80 jours; C, feuille de 180 jours; J, feuille de 25 jours; D<sub>4</sub>, feuille de 70 jours; D<sub>5</sub>, feuille de 98 jours.

systématique entre les moyennes des deux sexes pour chaque élevage : les valeurs sont plus élevées chez les femelles, sauf pour l'épaisseur de la coque (cf. graph. 13 à 15).

Enfin, l'interaction « sexe régime », lorsqu'elle est significative, traduit le fait que les écarts entre sexes ne sont pas les mêmes suivant le régime : ils sont d'autant plus réduits que la feuille de mûrier était plus développée ; ce phénomène est très net pour le poids du cocon et sa largeur, moins marqué pour le poids de la coque.

Les rapports entre les valeurs des caractères observés sur les élevages extrêmes (A et C) sont de l'ordre de 71 p. 100 pour les mâles contre 69 p. 100 pour les femelles, en ce qui concerne les dimensions du cocon. Ils sont bien plus élevés pour les autres caractères :

Poids du cocon.....	environ 47 et 36 p. 100
Volume du cocon .....	— 41 et 37 p. 100
Poids de la coque .....	— 31 et 29 p. 100
Épaisseur de la coque .....	— 23 et 21 p. 100

Il est à remarquer que le traitement provoque des variations de plus grande amplitude chez les femelles, et ceci pour tous les caractères.

Nous notons enfin une étroite relation entre le poids des coques et celui des glandes séricigènes des larves mûres, les rapports en sec entre ces deux grandeurs étant assez voisins dans tous les lots.

Si on compare les cocons de l'élevage D, mais provenant, les uns des vers quadrimuants ( $D_4$ ), les autres de vers quinquemuants ( $D_5$ ), on constate que, malgré une vie larvaire prolongée de 6 jours, ces derniers ont produit des cocons plus légers et de taille réduite. Les coques sont elles-mêmes moins lourdes et plus minces.

Nous avons étudié ensuite le degré d'homogénéité de chaque lot, en calculant la valeur du rapport  $s/x$ , caractéristique de la dispersion des observations (cf. tabl. XIX et XX, p. 177 et 178). Ces données nous permettent de constater quels sont les caractères dont la variabilité est la plus élevée à l'intérieur d'un même lot. L'épaisseur de la coque vient nettement en tête ; ensuite le volume du cocon, sa surface, le poids de la coque, le poids du cocon, enfin les dimensions du cocon. A part l'épaisseur de la coque, qui est une mesure bien spéciale, il est normal que les variations relatives concernant des volumes, des surfaces ou des poids soient considérablement plus élevées que celles se rapportant à des dimensions linéaires.

### III. — ÉTUDE DES CORRÉLATIONS ENTRE LES CARACTÈRES DU COCON

Quelques auteurs tels que ANOUTCHINE (1926, 1931), CHIANG (1941), JAKRBLISS (1928), PIGORINI (1915), POYARKOV (1928) et RAYLIN (1893, 1895) ont donné les valeurs de quelques coefficients de corrélation entre



certaines caractères ; mais aucun ne présente une étude d'ensemble permettant de connaître leur interdépendance et de trouver d'une part ceux qui sont les plus autonomes, d'autre part, ceux qui sont liés au régime alimentaire de la larve.

Nous avons cherché à caractériser ces liaisons au moyen des coefficients de corrélation entre chaque paire de caractères, calculés à partir des variances et des co-variances, d'abord dans chaque type d'élevage, ensuite dans les six lots mâles, dans les six lots femelles, enfin dans les douze lots.

Le tableau XXI p. 179, nous donne les valeurs et les significations de ces corrélations.

Il nous montre que l'intensité de la liaison entre deux caractères varie peu d'une population à une autre. Il indique également que certains caractères sont toujours très fortement liés tandis que d'autres restent toujours indépendants. On remarque en effet une *étroite liaison* entre tous les caractères suivants pris deux à deux : poids du cocon, dimensions du cocon, volume du cocon et poids de la coque. Par contre, l'épaisseur de la coque, qui est en étroite corrélation avec son poids, paraît pratiquement indépendante des caractères du cocon.

De même, la richesse soyeuse est étroitement liée au poids de la coque ou à son épaisseur, ainsi qu'au poids du cocon ; mais, dans ce dernier cas, la corrélation est négative, à cause de l'influence prépondérante de la chrysalide.

Nous avons d'autre part recherché, si du fait des corrélations entre les caractères du cocon, nous pouvions, à partir, de certains d'entre eux, obtenir par le calcul la valeur des autres ; par exemple, le calcul de la régression partielle de V. C. à partir de P. C., L. C.,  $1_1C$ ,  $1_2C$  donne pour la série J femelle :

$$V. C. = 1,34 1_1C + 1,17 L. C. + 0,24 1_2C + 0,09 P. C. - 229,38.$$

Cette régression permet d'obtenir le volume, avec une très bonne approximation, lorsqu'on connaît les quatre autres données.

L'analyse progressive de la variance montre que si on calcule l'équation de régression donnant le volume à partir de la longueur et de la largeur seules ( $V. C. = 1,67 1_1C + 1,44 L. C. - 373,53$ ), la précision obtenue est comparable ; le fait de conserver le poids du cocon et la largeur du ceintre est donc de peu d'intérêt.

A ce point de l'analyse, nous devons considérer que si un caractère est en corrélation avec un autre, une partie de la variation du premier sera expliquée par celle du dernier et réciproquement. Nous venons d'ailleurs de voir que la variation VC s'expliquait presque entièrement par celle de PC,  $1_1C$ ,  $1_2C$  et  $1_3C$ . Mais nous n'avons aucune raison de considérer à priori tel caractère plutôt que tel autre. L'étude de la régression

partielle de VC à partir de PC, LC,  $1_1C$  et  $1_2C$  montre que l'on pourrait aussi bien considérer la variable VC que son estimation :

$1,34 \ 1_1C + 1,17 \ LC + 0,24 \ 1_2C + 0,09 \ PC - 229,38$ . Or, notre but est de chercher un caractère permettant de séparer le plus nettement possible les différents groupes considérés, c'est-à-dire tel que sa variation entre groupes (traitements : alimentation et sexe), soit *maximum* par rapport à la variation à l'intérieur des groupes ou lots (variation résiduelle).

En termes statistiques, il s'agit de rechercher non pas la variable, ce qui ne nécessiterait que l'examen des tests F des analyses de variances, mais la fonction X des variables observées qui rende *maximum* la discrimination entre groupes. FISHER (1936) a fourni une solution pour ce type de problèmes dans le cas de deux groupes et en admettant par hypothèse que cette nouvelle variable X est une fonction linéaire des variables observées, donc de la forme générale :

$$X = b_1A + b_2B + b_3C + b_4D + b_5E...$$

Les coefficients *b* de chacun des termes de cette fonction X, appelée fonction discriminante, doivent être tels que le rapport entre les variances de X « entre groupes » et « dans les groupes » soit *maximum*. FISHER a montré que cette maximisation conduit dans le cas de deux groupes à la résolution du système d'équations simultanées suivant :

$$b_1S_{AA} + b_2S_{AB} + b_3S_{AC} + \dots = d_A$$

$$b_1S_{BA} + b_2S_{BB} + \dots + \dots = d_B$$

$$b_1S_{CA} + \dots + \dots + \dots = d_C$$

$$\dots\dots\dots$$

système dans lequel  $S_{AA}$  par exemple représente la somme des carrés des écarts de A,  $S_{AB}$  la somme des produits des écarts de A et de B,  $d_A$  la différence entre les moyennes des deux groupes pour A.

La technique indiquée par MATHER (1949) concerne la généralisation à un ensemble de plus de deux groupes. Le système d'équations prend alors la forme :

$$b_1(S_{AA} - \varphi S_{AA}) + b_2(S_{AB} - \varphi S_{AB}) + \dots = 0$$

$$b_2(S_{BA} - \varphi S_{BA}) + \dots\dots\dots = 0$$

$$\dots\dots\dots$$

Les *S* représentent les sommes totales des carrés ou des produits des écarts, les *s* les sommes entre groupes des carrés ou des produits des écarts ;  $\varphi$  est une quantité qui doit rendre nul le déterminant formé par les expressions entre parenthèses et que l'on doit calculer préalablement à la résolution du système d'équations.

L'application de cette technique à nos observations, sur les individus pour lesquels ont été mesurées les cinq données : PC, LC,  $1_1C$ ,  $1_2C$  et VC caractérisant le cocon entier, a fourni la fonction  $X_1 = 100 \ PC + 7 \ LC + 16 \ 1_1C - 16 \ 1_2C + 12 \ VC$ .

L'analyse de la variance de ce nouveau caractère est portée à la fin du tableau XIX, p. 177. On voit que cette analyse diffère peu de celle de A-C'est donc la variation du poids du cocon qui traduit le mieux les effets du régime alimentaire.

Pour la suite de l'analyse, nous introduisons les caractères de la coque  $E_c$  et  $P_c$  représentant respectivement son épaisseur et son poids. Mais la liaison toujours très élevée entre  $l_1C$ ,  $l_2C$  et  $VC$  a permis d'éliminer les deux derniers.

La fonction donnant la meilleure discrimination entre les lots est alors, pour les caractères  $PC$ ,  $LC$ ,  $l_1C$ ,  $Ec$  et  $Pc$  :

$$X_2 = 100PC + 12LC + 21l_1C - 286Ec + 17Pc.$$

Par suite, l'importance des caractères  $LC$ ,  $l_1C$  et  $Pc$  dans la discrimination des lots est très réduite par rapport à celle de  $PC$  et  $Ec$ .

Pratiquement, les analyses de variance de  $X_2$ , et de son approximation  $X_2 = PC - 3Ec$ , montrent que la signification des variations dues aux facteurs « alimentation et sexe » (test  $F$ ) est du même ordre, et dans les deux cas, nettement supérieure à celle correspondant aux caractères pris isolément (cf. tabl. XIX et XX, p. 177 et 178).

On voit donc d'une part que les caractères  $LC$ ,  $l_1C$ ,  $l_2C$  et  $VC$  ne permettent pas une discrimination meilleure que  $PC$  pris tout seul, d'autre part que la prise en considération de  $Ec$  donne au contraire une discrimination bien supérieure. On peut donc en conclure que le traitement se fait sentir essentiellement sur le poids du cocon et l'épaisseur de la coque : les effets sur les autres caractères ne résultent que de la liaison étroite entre les derniers et les premiers.

La formule  $X_2 = PC - 3Ec$  correspondrait, si on l'appliquait aux mesures elles-mêmes, à un rapport de la forme :

Poids du cocon (Épaisseur de la coque)<sup>3</sup>.

Comme sa valeur dépend des unités employées on devra toujours utiliser les mêmes unités pour comparer les valeurs des  $X_2$  obtenues dans les différents lots.

Nous venons de voir quels caractères étaient principalement influencés par l'alimentation. Il convient également de se demander s'il existe des caractères stables, indépendants du traitement, et qui seraient spécifiques de la race de *Bombus* expérimentée. La première idée qui peut venir à l'esprit est que certains rapports de dimensions du cocon peuvent rester invariables : ces rapports étant bien entendu des différences une fois la transformation en logarithmes faite.

En particulier, les rapports : largeur/longueur ( $l_1C-l_2C$ ) et : largeur au niveau du ceintre/largeur maximum ( $l_2C-l_1C$ ) rendent parfaitement compte de la forme générale du cocon.

Nous recherchons également ici une fonction discriminante, mais

telle qu'elle rende minimum la variation résultant de l'alimentation larvaire. Nous obtenons :

$$X_{CB} = 1,05l_1C - LC \quad X_{DC} = 1,04l_2C - l_1C.$$

Les analyses de variances indiquent que l'augmentation de la variation, due au traitement, qui serait obtenue en prenant :

$$X_4 = l_1C - LC \quad \text{et} \quad X_5 = l_2C - l_1C,$$

au lieu des fonctions calculées, serait très faible.

On peut donc considérer que les rapports largeur longueur et largeur au niveau du ceintre largeur maximum sont des caractères stables, indépendants de l'alimentation (cf. graph. 15*b* et 15*c*), quoique l'examen du tableau XIX, p. 177, fasse ressortir une variation légèrement plus grande du dernier rapport, sans d'ailleurs que cette variation soit en corrélation avec le facteur alimentaire. On en conclut que la forme générale du cocon est très peu modifiée, dans les deux sexes, par le régime alimentaire.

D'ailleurs, dans une étude récente (FRAISSE et ALLEGRET, 1957), nous avons montré que cette forme du cocon est en liaison directe avec les mouvements de flexion de la partie antérieure du ver à soie au cours du filage.

D'autre part, il était intéressant d'étudier l'influence de l'âge de la feuille sur la richesse soyeuse des cocons (Pc/PC).

La même technique conduit à constater que la fonction de PC et de Pc qui varie le moins est :

$$X_{Pc,PC} = PC - 0,87Pc \quad \text{ou} \quad X_{Pc,PC} = Pc - 1,15PC.$$

Ce qui signifie que le rapport le plus stable est :

$$\text{Poids de la coque}/(\text{poids du cocon})^{1,15}.$$

Donc, sous l'effet de l'alimentation, et pour un sexe déterminé, le poids du cocon diminue moins vite que celui de la coque. Par suite, la richesse soyeuse, dont le log. s'exprime par  $Pc - PC$ , varie plus que  $Pc - 1,15 PC$  en fonction de l'âge de la feuille de mûrier, mais beaucoup moins que les caractères PC et Pc pris isolément.

En résumé, la richesse soyeuse du cocon *diminue* à mesure que se *développent* les feuilles de mûrier, mais cette diminution est moins marquée que celle qui affecte le poids du cocon ou de la coque (cf. graph. 15*a*).

On remarque également que des quatre variables : PC, Pc,  $Pc - PC$  et  $Pc - 1,15 PC$ , c'est la dernière qui donne la plus forte variation avec le sexe ;  $Pc - PC$  montre une variation moindre, mais encore très élevée, ce qui confirme les différences très nettes de richesse soyeuse entre les cocons mâles et femelles, au bénéfice des premiers.

Enfin, on a mesuré le poids de coque par unité de surface ( $p$ ), et étudié le rapport : poids de coque/poids de coque par unité de surface, en vue d'obtenir une approximation de la surface  $S$  du cocon ( $S = Pc/p$ ).

La fonction discriminante donnant la variation minimum est :

$$X_{pc.p} = Pc \ 2,5p.$$

Cette fonction prouve que les variations alimentaires font diminuer moins vite le poids de soie par unité de surface que le poids total de la coque ; en d'autres termes, la surface de la coque *diminue moins vite* que son poids d'un lot à un autre. Pour introduire S dans la fonction discriminante, nous avons la relation  $S = Pc \cdot p$  (à une constante près), ce qui donne approximativement :

$$X_{sp} = S - 1,5p.$$

Les fonctions  $X_{PC.Pc}$ ,  $X_{Pc.p}$  et  $X_{sp}$  aboutissent en définitive aux conclusions suivantes : à mesure que la feuille de mûrier *se développe*, elle provoque une diminution du poids et de la taille du cocon, ainsi que du poids de la coque. Mais, comme c'est le poids de cette dernière qui subit la plus grande réduction, la richesse en soie du cocon *s'abaisse* progressivement, soit qu'on l'apprécie sur l'ensemble du cocon, soit qu'on la calcule par unité de surface.

#### IV. — CONCLUSIONS

De l'étude comparée des caractères biométriques du cocon, nous déduisons :

1° Sous l'influence de l'alimentation, les valeurs moyennes de chacun des caractères du cocon subissent des changements importants et tous de même sens ; elles diminuent régulièrement à mesure que la feuille de mûrier mangée par les vers à soie approche de sa maturité.

Toutefois, ces modifications se font surtout sentir sur le poids du cocon et l'épaisseur de la coque ; les effets sur les autres caractères ne résultent que de la liaison étroite entre ces derniers et les premiers.

2° Les différences liées au sexe s'atténuent avec la diminution de l'indice minéral des feuilles.

3° L'alimentation provoque une variation du poids de la coque relativement plus élevée que ne l'est celle du poids ou de la taille du cocon. Par suite, une alimentation qualitativement insuffisante, va provoquer la formation de cocons *relativement plus minces*, dont la richesse soyeuse sera *diminuée*.

4° Le régime alimentaire ne paraît pas modifier le comportement du ver à soie au moment du filage, vis-à-vis de l'amplitude et de la coordination des mouvements de la partie antérieure du corps ; en effet, la forme générale du cocon, caractérisant la race expérimentée, se conserve à travers tous les traitements appliqués.

5° Dans chaque population, l'épaisseur de la coque est le caractère



qui montre la plus grande variabilité ; viennent ensuite les mesures du volume, de la surface, et des poids ; enfin, les dimensions du cocon.

6° Il y a une corrélation élevée entre tous les caractères biométriques du cocon pris deux à deux. Cependant, l'épaisseur de la coque paraît un caractère indépendant des premiers.

Les liaisons sont peu influencées par l'alimentation ou par le sexe.

*En résumé*, l'influence de l'âge de la feuille de mûrier sur les poids et les volumes du cocon ou de la coque soyeuse n'est qu'une conséquence de l'action de ce régime sur la croissance larvaire et glandulaire. Comme suite à cette croissance, on observe que :

1° Les variations du poids de fibroïne synthétisée provoquent des changements corrélatifs du poids de la coque.

2° Les modifications du poids larvaire conditionnent le poids de la nymphe et par suite celui du cocon.

3° Enfin la croissance linéaire de la larve détermine la longueur de la partie mobile du corps pendant le filage, de laquelle dépend le volume du cocon.

L'alimentation affecte davantage la croissance glandulaire que la croissance générale du corps. Ce phénomène peut s'expliquer si on considère que la soie est formée à partir de protides mis en réserve dans le milieu intérieur ; en cas d'alimentation qualitativement insuffisante, c'est-à-dire pauvre en éléments azotés, ces derniers sont probablement utilisés par priorité comme éléments plastiques, de sorte que la partie mise en réserve doit être relativement plus faible. D'ailleurs, non seulement la richesse soyeuse des cocons s'en trouve diminuée, mais il en résulte également une fécondité réduite de l'adulte, comme l'a montré GRISON (1957) dans son étude sur le Doryphore.

\* \* \*

Les cocons récoltés dans chacun de nos élevages vont être filés, en vue d'analyser les caractères de chacun des produits de filature.

## CHAPITRE II

### LES CARACTÈRES BIOMÉTRIQUES DES PRODUITS DE FILATURE DU COCON

Nous nous proposons dans ce chapitre :

1° D'établir les relations entre l'alimentation de la larve de *Bombyx mori* et les caractères des produits de filature de son cocon.

2° D'étudier les liaisons pouvant exister entre tous ces caractères.

3° Enfin de rechercher leur interdépendance concernant, d'une part, la morphologie du cocon, d'autre part, l'ensemble des divers produits de sa filature.

Peu de travaux ont été poursuivis dans cette voie. Nous retiendrons ceux de ANOUTCHINE (1931), J VIRBLISS (1928) et DEMIANOVSKI (1932), déjà cités dans le chapitre précédent, en formulant les mêmes réserves.

#### I. — TECHNIQUE UTILISÉE

Le 8<sup>e</sup> jour qui suit « la montée » des vers à soie, nous prélevons au hasard 60 cocons dans chaque population. Afin d'effectuer un classement par sexe, les cocons, après séparation de la blaze sont dévidés à l'état frais, en utilisant pour cela une machine de filature (bassine) du type Laboratoire. Cette bassine permet le dévidage individuel, en vue d'obtenir des mesures unitaires de chacun des caractères biométriques des produits de filature.

Après examen de la morphologie externe de la chrysalide, nous séparons dans chaque lot un groupe de 25 cocons mâles et un groupe de 25 cocons femelles.

Les cocons ont été filés selon la technique suivante :

##### 1° Macération et battage.

Le cocon est plongé pendant une minute dans l'eau à  $98^{\circ}\text{C} \pm 0,5$  ; livré ensuite à lui-même, il remonte à la surface ; le battage est effectué en frottant une ou deux fois la surface du cocon avec une petite brosse ; enfin, on procède à la purge pour séparer les frisons non dévidables.

## 2° Filature.

Elle suit immédiatement le battage et elle se fait dans l'eau chaude ( $50^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ ). Le fil s'enroule sur un dévidoir hexagonal dont la vitesse est de 60 tours mn, et le périmètre de 1 m. Solidaire du dévidoir, un compte-tours enregistre la longueur de fibre dévidée et permet de situer la position de chaque cassure du fil au cours du filage. Les vestes soyeuses les plus internes (pelettes), non dévidables, sont également conservées, après élimination de la chrysalide.

En fin de filature, on dispose donc, pour chaque cocon, des éléments suivants : blaze, frison, soie filée, et pelette. On est d'autre part informé de la longueur de la fibre dévidée (à un dm près), ainsi que du nombre et de la position des cassures.

Les éléments ainsi séparés sont portés au laboratoire conditionné ( $20^{\circ}\text{C} \pm 0,5$  ; 65 p. 100 H. R.  $\pm 1$  p. 100), dans lequel on effectue par pesées individuelles, à la microbalance (précision 0,05 mg) les mesures suivantes :

1. Poids de la blaze ;
2. Poids du frison ;
3. Poids de la soie dévidée ;
4. Poids de la pelette.

La somme de ces quatre pesées donne le poids total de la coque de soie constituant le cocon.

A partir de ces données, nous calculons d'abord le *rendement en filature* <sup>(1)</sup> que nous définissons comme le poids de fibre filée à partir de l'unité de poids de cocons. Il s'exprime donc par le rapport suivant :

Poids de soie filée/Poids du cocon (en p. 100 du poids du cocon).

Le nombre qui le représente est l'inverse de celui qui caractérise la *rentrée à la bassine* (nombre de kg de cocons pour avoir un kg de soie), critère que les filateurs de soie utilisent pour apprécier le rendement industriel des cocons qu'ils filent.

Nous préférons le premier rapport, car il exprime plus directement la richesse en soie des cocons étudiés.

Nous avons également déterminé le poids relatif de la blaze, du frison, de la soie filée et de la pelette, par rapport au poids total de la coque.

Comme dans le chapitre précédent, et en vue de l'interprétation de l'ensemble des résultats, nous avons réalisé un travail biométrique sous la forme d'analyse de variance de chacun des caractères considérés.

Il n'a pas été possible de mesurer tous les caractères étudiés sur les mêmes cocons : par exemple, pour mesurer l'épaisseur de la coque, il convient de la sectionner, ce qui ne permet plus de la filer.

(1) Ce rendement peut être calculé en frais ou en sec, selon que les cocons utilisés sont filés dès qu'ils sont récoltés (comme dans la précédente étude) ou après dessiccation à l'air chaud.

Nous distinguons donc deux groupes par lot.

Le premier groupe, qui a été filé, a permis les mesures suivantes :

- Poids total du cocon (PC) ;
- Poids de la blaze (Pb) ;
- Longueur de soie dévidée (Ls) ;
- Poids de la coque (Pc) ;
- Poids de la soie dévidée (Ps) ;
- Poids des frisons (Pf) ;
- Poids des pelettes (Pp) ;
- Nombre des cassures à la filature (R).

Dans le second lot, en sus de PC et Pc nous mesurons également l'épaisseur de la coque (Ec).

Pour faciliter les calculs, les mesures ont été codifiées conformément au tableau suivant :

Pc	= 1 000 log. (Poids cocon/10)	unité de mesure = mg
Pb	= 100 log. (Poids de blaze)	— = mg
Ec	= 100 log. (Epaisseur coque)	— = mm/100
Pc	= 1 000 log. (Poids coque/100)	— = mg
Ls	= 1 000 log. (Longueur dévidée/100)	— = m
Ps	= 1 000 log. (Poids soie dévidée/100)	— = mg
Pf	= 1 000 log. (Poids frisons/10)	— = mg
Pp	= 100 log. (Poids pelettes)	— = mg

## II. — INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LES CARACTÈRES DES PRODUITS DE FILATURE

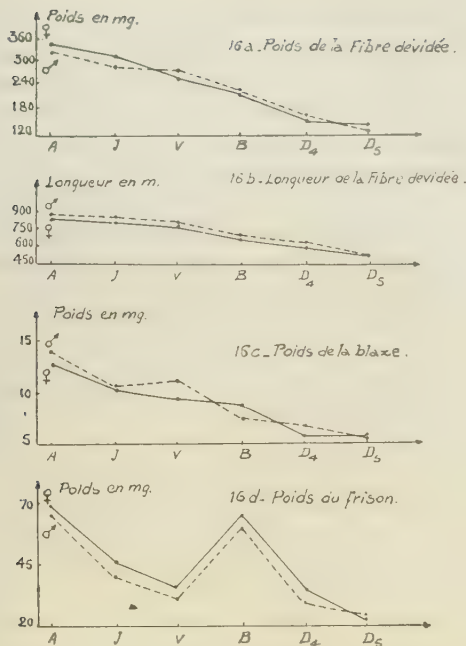
L'étude biométrique a été conduite en appliquant la technique d'analyse de variance.

Les résultats présentés dans les tableaux XXII à XXIV, p. 180 et 181, nous montrent que les variations dues au facteur alimentation sont très hautement significatives pour le poids et la longueur de la fibre dévidée, ainsi que pour le poids de la blaze (cf. graph. 16a, 16b, 16c).

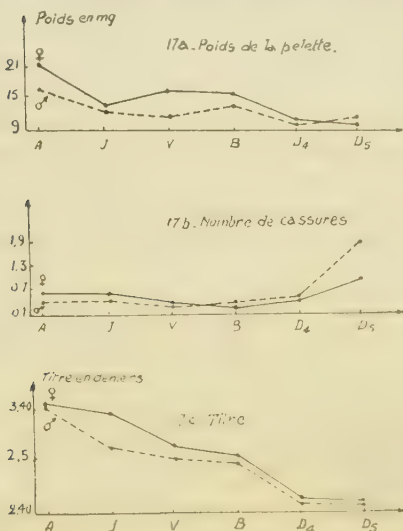
Les différences sont moins sensibles, quoique toujours significatives, pour le poids du frison (cf. graph. 16d) et celui de la pelette (cf. graph. 17a).

Si pour chaque sexe, on classe les lots selon l'ordre de succession des élevages au cours de l'année, du printemps vers l'automne : A, J, V, B, D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub>, les courbes représentant les variations sont toutes régulièrement descendantes. Il en résulte que les valeurs moyennes de chacun des caractères étudiés diminuent d'une manière continue à mesure que les feuilles de mûrier approchent de leur maturité. La valeur optimum est donc toujours obtenue en filant les cocons formés par les larves alimentées avec des feuilles juvéniles.

Cependant, le nombre des cassures au cours du filage ne paraît pratiquement pas influencé par le régime alimentaire, exception faite pour les lots de cocons filés par les larves quinquémantes (cf. graph. 17b).



GRAPHIQUE 16. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères des produits de filature du cocon.



GRAPHIQUE 17. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères des produits de filature du cocon (suite).



En ce qui concerne les variations dues au sexe, nous ne notons, pour chaque élevage, des différences systématiques entre les moyennes des deux sexes, que pour la longueur de soie dévidée. L'examen du graphique 16b montre que les valeurs sont plus élevées chez les mâles. Cependant, ces écarts entre sexes, sont pratiquement indépendants du mode d'alimentation, l'interaction « sexe-régime » n'étant jamais significative.

Dans un même sexe, les rapports entre les valeurs des caractères observés sur les élevages extrêmes traduisent les écarts importants. Ces rapports sont les suivants (le premier chiffre représentant les mâles et le second les femelles) :

Titre .....	70 et 70 p. 100
Rendement à la filature .....	60 et 74 p. 100
Longueur de soie dévidée .....	55 et 55 p. 100
Poids des pelettes .....	55 et 45 p. 100
Poids de la blaze .....	35 et 42 p. 100
Poids de la soie dévidée .....	36 et 39 p. 100
Poids des frisons .....	34 et 33 p. 100

Si on compare dans l'élevage D les cocons des vers quadrimuants ( $D_4$ ) à ceux des vers quinquemuants ( $D_5$ ), tout se passe comme si  $D_4$  et  $D_5$  étaient deux élevages distincts, le dernier étant retardé par rapport au premier.

Les tableaux XXII à XXIV, p. 180 et 181, donnent le degré de dispersion des valeurs de chaque caractère ( $s_j/\bar{x}$ ). Ces données permettent de constater, qu'à l'intérieur d'un même lot, certains caractères ont une variabilité relative élevée : blaze, frison, pelette. Elle est déjà plus faible pour le poids et la longueur de la fibre dévidée. Comme nous l'avons déjà vu dans le chapitre I, elle est minimum dans les poids du cocon et de la coque.

Les variations élevées qui concernent la blaze sont probablement dues aux positions occupées par chaque larve dans son cornet en papier perforé, pendant la formation du cocon. L'émission de la blaze est, en effet, d'autant plus réduite que les points d'appui rencontrés par la filière au début du filage sont plus nombreux et plus proches de la tête <sup>(1)</sup>.

### III. — LES LIAISONS ENTRE LES CARACTÈRES DU COCON ET CEUX DES PRODUITS DE FILATURE

Nous calculons d'abord les corrélations simples entre chaque paire de caractères. Ensuite, nous chercherons une fonction discriminante en vue de connaître sur quels caractères se fait surtout sentir l'influence du traitement et du sexe.

L'analyse sera poursuivie par l'étude de la variation de certains

(1) La grande variabilité du frison et de la pelette sera expliquée ultérieurement.

rapports particulièrement significatifs entre deux caractères biométriques, et elle se terminera par la recherche de liaisons entre ces rapports et les caractères eux-mêmes.

### A. — Corrélations entre chaque paire de caractères.

Nous avons d'abord cherché l'intensité de la liaison en calculant les coefficients de corrélation, d'abord dans un même groupe, ensuite dans un même sexe, enfin dans les 12 groupes.

Les coefficients de corrélation montrent, d'une part, que l'intensité de la liaison entre deux caractères varie peu d'un lot à l'autre; d'autre part que certains caractères sont toujours fortement liés tandis que d'autres restent indépendants.

L'examen de ces liaisons (cf. tabl. XXV, p. 179) permet les conclusions suivantes :

1° Le poids de fibre dévidée est en corrélation étroite avec le poids du cocon, celui de la coque, et, à un degré moindre, l'épaisseur de cette dernière.

Par contre, toutes les combinaisons de la coque avec chacun des autres produits de filature (blaze, frison, pelette) paraissent pratiquement indépendantes, de même d'ailleurs que les combinaisons deux à deux entre les produits de filature eux-mêmes. Cependant, les poids respectifs de fibre dévidée et des frisons sont en corrélation négative. A ce sujet, il faut noter que, malgré une technique soignée, il est très difficile de trouver exactement, pendant le dévidage du cocon, le point où se termine le frison et celui où commence la soie dévidable. En effet, selon la zone du cocon qui subit le battage, après la macération, et selon la manière dont se désagrègent les couches les plus externes de la coque au cours de la purge, il est bien évident que le poids de cette couche externe (frison) dépend, non seulement des qualités intrinsèques du cocon, mais également d'une série d'actions élémentaires, effectuées au hasard, pendant le battage et la purge, sur une certaine zone du cocon, prise également au hasard. Par suite, le poids et la longueur de soie dévidable sont partiellement conditionnés par l'importance du frison, et tendent à varier en sens inverse de ce dernier.

Ces faits peuvent expliquer que les corrélations négatives entre ces deux caractères soient très variables d'un lot à l'autre, tout en étant hautement significatives pour l'ensemble des douze lots. Ils expliquent également la grande variabilité du poids du frison et intérieur de chaque lot.

L'élément d'appréciation pour la pelette est bien plus net, car la zone de séparation est indiquée au moment où les couches de soie les plus internes ne peuvent plus se dévider. En général, il se produit une cassure, car, la fibre, devenue très mince, a perdu une partie importante

de sa ténacité. La pelette commence donc lorsque la ténacité de rupture de la fibre à son niveau devient égale à l'effort de traction exercé sur le fil par le dévidoir en mouvement.

2° La longueur de fibre dévidée est étroitement liée à son poids et au poids de la coque ; bien plus faiblement au poids du cocon, ce qui s'explique à cause de l'influence prépondérante de la chrysalide.

3° La richesse soyeuse du cocon est en liaison positive élevée avec le poids de la soie filée. La liaison est moins forte avec la longueur de cette dernière.

4° Le rendement du cocon à la filature se comporte comme la richesse soyeuse, mais la corrélation avec la longueur de la fibre est bien meilleure.

Nous sommes donc en accord avec TONON (1953), pour noter que les baves dévidables les plus longues ont un meilleur rendement en filature.

5° Le rendement de la coque en soie filée est en corrélation positive élevée avec la longueur de fibre dévidée.

6° Enfin, le rendement en filature est étroitement lié à la richesse soyeuse du cocon, ainsi qu'au titre du fil, quoique à un degré moindre.

## B. — Recherche d'une fonction discriminante.

Comme nous l'avions fait pour la morphologie du cocon, nous allons, à ce point de l'analyse, rechercher un nouveau caractère X qui soit une fonction linéaire des autres, le calcul des coefficients étant celui d'une fonction discriminante.

Compte tenu des conclusions du chapitre précédent concernant la morphologie du cocon, et de l'importance des caractères étudiés, nous avons conservé dans le premier groupe le poids du cocon, celui de la coque ainsi que la longueur et le poids de la fibre dévidée. Le second groupe comprend le poids du cocon ainsi que l'épaisseur et le poids de la coque.

Les fonctions discriminant le mieux l'influence du traitement dans chacun des deux groupes sont les suivantes :

$$X_1 = 100PC - 4Ls + 131Pc - 12Ps$$

$$X_2 = 100PC + 386Ec + 85 Pc.$$

Les tableaux XXII et XXIV, p. 180 et 181, montrent qu'on discrimine presque aussi bien les lots à l'aide de l'approximation unique  $X = PC + Pc$ .

Pratiquement, les analyses de variance montrent que, vis-à-vis de l'ensemble des caractères morphologiques du cocon et de la soie filée, les variations du régime alimentaire se font surtout sentir sur le poids du cocon et de la coque.

Par suite, l'influence de l'âge de la feuille de mûrier sur les autres caractères, et en particulier sur le poids et la longueur de soie dévidée, ne provient que des liaisons étroites entre tous les caractères étudiés.

Nous avons cherché ensuite les fonctions  $X_3$  et  $X_4$  discriminant le mieux les variations dues au sexe ; nous trouvons respectivement, pour les groupes 1 et 2 :

$$X_3 = 100PC - Ls - 63Pc + 10Ps$$

$$X_4 = 100PC + 30Ec - 63Pc.$$

On obtient une discrimination à peine inférieure avec la fonction unique :

$$X = PC - 0,6Pc.$$

Ce sont donc les mêmes caractères qui discriminent le mieux à la fois les traitements et les sexes, mais dans ces derniers, les variations sont d'abord provoquées par le poids du cocon.

### C. — Variations de quelques rapports caractéristiques.

Il était intéressant d'étudier l'influence de l'âge de la feuille de mûrier sur les caractères suivants :

— Rendement des cocons à la filature.

— Poids relatifs des différents produits de filature par rapport au poids de la coque.

— Rendement en longueur de la soie filée, soit par rapport au poids du cocon, soit par rapport au poids de la coque.

Les analyses de variance sont reportées dans les tableaux XXII, p. 180 et XXIV, p. 181.

Voici les résultats :

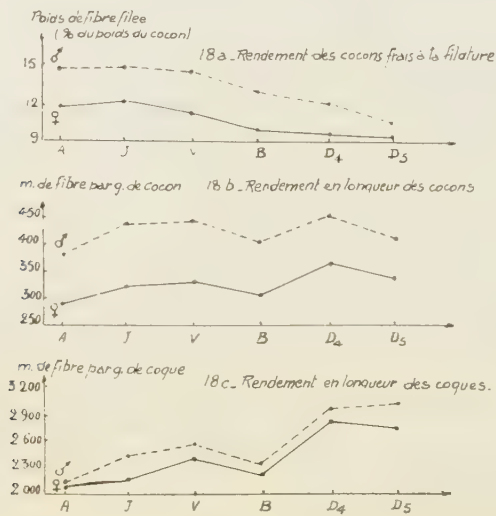
#### 1° Rendement des cocons à la filature (Ps PC).

La fonction de Ps et PC qui varie le moins, sous l'influence de l'alimentation, est  $PC - 0,7 Ps$ , ce qui montre que le poids du cocon diminue moins vite que celui de la soie filée. Par suite, le rendement décroît à mesure que les cocons sont récoltés plus tardivement. L'importance de la variation est montrée dans le graphique 18a.

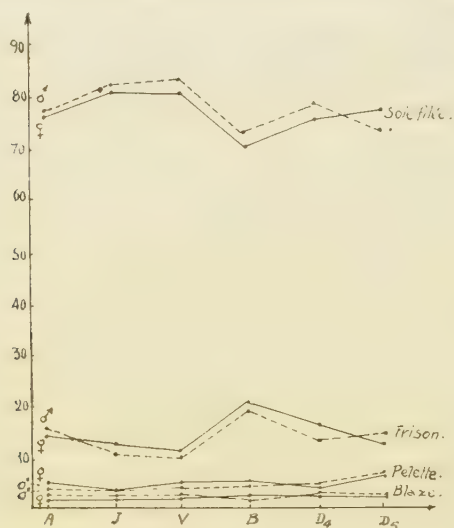
Cependant, comme la fonction PC-Ps est proche de son minimum, l'influence du traitement est relativement faible, bien plus faible que sur PC et Ps pris isolément, ce qui s'explique par le fait que PC et Ps sont en corrélation positive étroite.

En ce qui concerne l'influence du sexe, les différences entre moyennes sont très hautement significatives, avec des valeurs nettement plus faibles pour les femelles, sans toutefois que les écarts observés varient systématiquement avec le traitement (cf. graph. 18a).

La fonction de Ps et PC qui varie le moins, est  $PC + 104 Ps$ , ce qui montre que la variation est produite presque exclusivement par le poids du cocon.



GRAPHIQUE 18. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères des produits de filature du cocon (suite et fin).



GRAPHIQUE 19. — Poids relatifs des produits de filature du cocon (en p. 100 du poids de la coque).

La forte influence du sexe sur les rendements en filature explique les recherches de SCHENK A. (1948) sur le dimorphisme ovulaire ainsi que les études actuelles des Japonais (TAZIMA, 1954), en vue de séparer



les œufs de *Bombyx mori* selon le sexe ; de cette manière, les élevages industriels seraient constitués presque exclusivement par des vers à soie mâles, afin d'accroître les poids de soie filée à partir d'une même quantité de cocons.

## 2° Poids relatifs des divers produits de filature.

Les poids respectifs de blaze (Pb/Pc), de soie filée (Ps/Pc), de frison (Pf/Pc) et de pelette (Pp/Pc), par rapport au poids de la coque, sont pratiquement indépendants de l'alimentation (cf. graph. 19).

L'influence du sexe est un peu plus marquée, sans toutefois être significative.

## 3° Rendement en longueur de la soie filée.

Étudions d'abord les variations de la longueur de soie dévidée par unité de poids du cocon (Ls/PC).

L'influence du traitement n'est pas significative. Par contre, les différences entre sexes sont nettes, avec avantage très marqué pour les mâles (cf. graph. 18b).

Si on envisage les mêmes variations, mais par unité de poids de la coque (Ls/Pc), l'influence du traitement est plus sensible, quoique faible. Le minimum de variations s'obtient pour Ls-0,6 Pc. Le poids de la coque varie donc relativement plus que la longueur de fibre dévidée, c'est-à-dire que le rendement des coques en longueur de fibre filée augmente en même temps que l'âge de la feuille de mûrier (cf. graph. 18c).

Ls/Pc est également influencé par le sexe et, comme dans le cas précédent, on trouve les valeurs maxima chez les mâles.

# IV. — CONCLUSIONS

Nous avons mis en évidence dans ce chapitre les faits suivants :

1° En alimentant les vers à soie avec des feuilles de mûrier d'âge différent, on modifie le rythme de croissance des glandes séricigènes, et on provoque par contre-coup des variations dans les caractères des produits résultant de la filature des cocons.

Les valeurs moyennes de chacun de ces caractères diminuent régulièrement à mesure que la feuille de mûrier approche de sa maturité.

L'étude des fonctions discriminantes permet de constater que l'effet de l'alimentation se fait surtout sentir sur les poids du cocon et de la coque ; les effets sur les caractères des produits de filature ne résultent que de la liaison étroite entre ces derniers et les premiers.

Cependant, les rendements en longueur de soie dévidée augmentent tandis que le nombre des cassures au cours du filage ne paraît pas modi-

fié, de même que les poids relatifs de blaze, de soie filée, de frison et de pelette, par rapport au poids de la coque.

2° Les différences entre sexes ne sont significatives que pour la longueur et le titre de la fibre dévidée, ainsi que le rendement en filature.

3° Les poids de chacun des éléments provenant de la filature subissent la plus grande variabilité ; viennent ensuite les longueurs de fibre, les rendements en filature et les titres.

4° On note une série de corrélations élevées, le plus souvent positives, entre certains caractères morphologiques du cocon et des produits de filature. Ces corrélations sont peu influencées par le régime alimentaire ou par le sexe.

Nous avons recueilli la fibre de soie, filée dans chaque lot, afin d'en étudier comparativement les caractères suivants :

1° Ceux ayant trait à sa grosseur : diamètre et titre.

2° Ceux concernant ses principales propriétés dynamométriques : ténacité et élasticité.

3° Enfin, ceux qui sont en relation avec sa composition chimique : taux de sérécine, et degré de lousiness.

---

### CHAPITRE III

## ÉTUDE DES FIBRES DE SOIE. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

A ce stade de notre travail, nous avons mis au point une technique de prélèvement des fibres, en vue de l'étude de leurs propriétés. Pour cela, nous avons pris au hasard 20 cocons mâles et 20 cocons femelles dans chaque lot, les cocons ayant déjà été groupés par sexe (cf. chap. I, p. 61). Après déblazage, ces cocons sont pesés et ensuite filés individuellement en frais, selon la technique déjà décrite (cf. chap. II, p. 74). Mais, au lieu de constituer un écheveau de soie unique par individu, on forme, grâce au compte-tours de la bassine de filature, un petit flotillon de fibre tous les 25 m.

Ces flotillons sont disposés individuellement dans de petites enveloppes sur chacune desquelles est indiqué un numéro d'ordre. Les enveloppes, après classement, sont à leur tour déposées dans une plus grande qui porte mention du type d'élevage, du sexe et du numéro du cocon. Après élimination de la chrysalide, on ajoute également les parties infilables de la coque : la blaze, le frison et la pelette de chaque cocon. Enfin, les grandes enveloppes sont groupées par sexe et par type d'élevage.

Indépendamment des flotillons, deux autres séries d'échantillons sont prélevées à différents niveaux pendant la filature : au début, à la fin, et tous les 25 m.

Dans la première série, les échantillons mesurent environ 25 mm ; ils sont déposés, dans l'ordre où ils ont été prélevés, sur des lames porte-objet, maintenus rectilignes et parallèles sans tension préalable, à l'aide d'une mince pellicule de vaseline.

Dans la deuxième série, les échantillons, qui mesurent 40 cm, sont mis individuellement dans une pochette en papier noir pour les protéger de l'action de la lumière.

Il est tenu compte de tous ces échantillons lorsqu'on calcule le poids ou la longueur de la fibre constituant le cocon.

Dès que la filature est terminée, les échantillons sont largement étalés dans le laboratoire conditionné pendant au moins 8 jours, et analysés ensuite.

Les prélèvements sur lames de verre permettent la mesure du diamètre. Avec les flotillons, nous rechercherons le titre et la composition en séricine. Enfin, à partir des éléments sur papier noir, seront faites les mesures dynamométriques.

## CHAPITRE IV

### DIAMÈTRE DE LA FIBRE DE SOIE

#### *Section I*

#### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Nous rappelons qu'à la sortie de la filière, la fibre ou bave sécrétée par le ver à soie est composée de deux fils élémentaires accolés, appelés brins, et formant une sorte de lanière aplatie. Chacun de ces fils provient d'une des deux glandes séricigènes, dont les canaux excréteurs, après avoir pénétré dans la tête, se sont réunis en un conduit unique qui aboutit à la filière. Chaque brin présente un axe central de fibroïne, entouré d'une enveloppe appelée grès ou séricine. Au moment de la réunion de ces deux brins, les deux manchons de séricine se soudent à leur point de

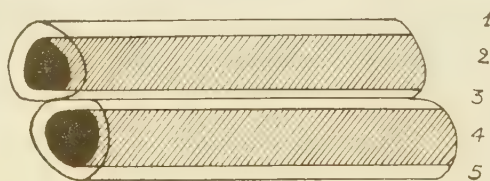


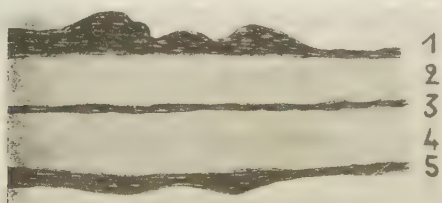
FIG. V. — Schéma théorique de la bave. — Axes de fibroïne : 2 et 4. — Gaiens de séricine : 1, 3 et 5.

contact pour former la bave. L'examen microscopique d'une fibre issue d'un cocon jaune, sous un grossissement de 600 à 800 diamètres, montre par transparence les deux brins de fibroïne, à peine colorés en jaune très clair, entourés par les deux manchons de grès, de teinte beaucoup plus foncée (cf. fig. 5 et 6*a*). Dans le brin, le rapport entre l'épaisseur de la couche de fibroïne et celle de séricine est très variable même en des points très voisins (cf. fig. 6*b*).

Quelquefois, la couche de fibroïne présente des solutions de continuité, ou bien des zones, en général très courtes, ayant des renflements ou des amincissements brusques. Les deux brins peuvent être également décollés sur une longueur plus ou moins importante (cf. fig. 6*d*) et la fréquence des points où il y a séparation peut être caractéristique de



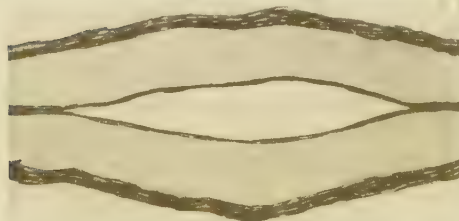
VI a. — Vue de face (cas fréquent).



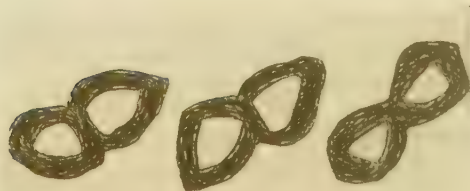
VI b. — Vue de face (couche de séricine très irrégulière).



VI c. — Vue de profil (cas fréquent).



VI d. — Brins décollés.



VI e. — Coupe transversale.



certaines races ; cependant, dans la plupart des types, le décollement est accidentel.

Depuis longtemps on s'est aperçu que la bave était loin d'être uniforme sur toute la longueur. Des auteurs tels que ROBINET (1839), TARGIONI-TOZZETI (1867), DUSEIGNEUR KLEBER (1875), WARDLE (1880), DUSUZEAU (1884 à 1887) et COLOMBO (1945), ont montré que d'une manière générale le diamètre diminue au fur et à mesure que le ver à soie poursuit la confection de son cocon.

La bave étant formée par la juxtaposition de deux brins n'a pas une section cylindrique, mais elliptique. Si cette bave est posée à plat sur une préparation microscopique, elle est vue selon le grand axe de l'ellipse ; on aperçoit alors les deux axes de fibroïne séparés par une zone plus ou moins épaisse de grès (cf. fig. 6a). Si elle est observée selon le petit axe (cf. fig. 6c) on ne voit qu'un cylindre de fibroïne entouré par la séricine.

En coupe transversale, chaque brin de fibroïne a la forme d'un triangle curviligne presque isocèle à sommets arrondis. On remarque les deux brins réunis par une couche plus ou moins épaisse de grès. En général, il n'y a pas de plan de symétrie bien marqué : les éléments se trouvant en contact peuvent être, selon les échantillons, deux côtés, ou un côté et un sommet, ou enfin deux sommets (cf. fig. 6e).

L'ellipticité de la section varie selon la couche du cocon ; en général la bave s'aplatit à mesure que le filage se poursuit. OGIWARA (1938) donne comme valeurs extrêmes des rapports entre les deux diamètres, 0,86 et 0,48. Ce même auteur (1940) a trouvé une étroite relation entre la forme de la filière et celle du fil.

Si on ne considère qu'un brin, GOODINGS et TURL (1940) ont observé une grande variabilité de forme de la section selon la zone de la bave que l'on considère. Cette variabilité s'observe même pour des points très voisins ; cependant, dans tous les cas, la figure triangulaire type est conservée.

Nous savons que l'émission de la soie se répète à plusieurs reprises pendant toute la vie larvaire. En effet, dès sa naissance le ver à soie émet quelques cm d'une bave très mince. Ensuite, avant chaque mue, la larve lance de loin en loin quelques fils afin de fixer les fausses pattes à la litière. Mais ce n'est qu'à la fin de la vie larvaire que l'émission soyeuse est abondante sous la forme d'un long fil continu, lequel va constituer le cocon.

Nous nous proposons d'abord d'étudier les variations du diamètre de la fibre formée par la larve avant « la montée ». Nous pourrions ensuite faire une analyse plus complète du fil constituant le cocon.

## Section II

## LES FIBRES FORMÉES AVANT LA MATURITÉ LARVAIRE

## I. — Conditions expérimentales.

Toutes les mesures ont été réalisées à partir des élevages A, B et D<sub>4</sub>, alimentés, nous le rappelons, avec des feuilles de mûrier, âgées respectivement de 20, 60 et 80 jours.

De la naissance à « la montée », chaque jour à 14 heures nous avons prélevé au hasard 5 individus dans nos lots de 2 000 larves environ, et les avons placés isolément sur une lame de verre pour préparations microscopiques. Pour empêcher les larves de quitter la lame nous avons entouré cette dernière par un cadre en bois, parfaitement poli, de 4 cm de haut. Dans ces conditions expérimentales, et après un temps de latence assez court, la larve émet de la soie qu'elle fixe sur la lame de verre sous la forme d'un réseau plus ou moins serré. Au bout d'une heure, les vers à soie ont été retirés. Nous avons alors mesuré au microscope le diamètre des baves à l'aide du micromètre oculaire (grossissement = 600).

Nous avons fait cinq mesures par plaque, soit 25 mesures par jour. Les examens pratiqués au cours de tous les âges, même à la naissance, ont toujours montré un fil du même type que celui de la bave du cocon, c'est-à-dire constitué par deux brins issus chacun d'une glande séricigène.

## II. — Analyse des résultats.

Nos essais ont d'abord montré que si le ver à soie est maintenu dans un espace réduit, sans être alimenté, il est capable d'expulser presque immédiatement une partie de sa soie pendant toute sa vie, sauf au cours de la première moitié du dernier intermue, c'est-à-dire pendant la période de synthèse active de la fibroïne dans les glandes séricigènes.

Les mesures des diamètres ont ensuite permis de présenter les conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> Le fil émis par une même larve, à un stade quelconque de son évolution, *n'a pas un diamètre constant* ; on peut avoir des variations de 20 à 25 p. 100 le long de ce fil, même pour des points très voisins, distants seulement de un ou deux mm.

2<sup>o</sup> On note également une variabilité assez marquée si on compare les diamètres moyens des baves obtenues à partir des larves du même âge.

3<sup>o</sup> Comme le montre le tableau XXVI, p. 182, le diamètre moyen du fil *augmente brusquement après chaque mue*, ensuite, il ne subit pas de modifications appréciables jusqu'à la mue suivante.

4<sup>o</sup> Le facteur alimentaire ne paraît pas provoquer une modification

systématique de ce diamètre, qui semble en effet assez constant à l'intérieur d'un même intermue, si on compare les valeurs moyennes trouvées pour les différents lots (cf. tabl. XXVI, p. 182).

La brusque augmentation du diamètre du fil après chaque mue nous conduit à penser que la croissance de l'appareil fileur pourrait être *discontinue*, c'est-à-dire en dysharmonie avec celle de l'ensemble du corps. Cette croissance serait très faible ou nulle pendant l'intermue, tandis qu'à chaque mue la filière et la presse présenteraient un brusque accroissement de leurs dimensions, lequel provoquerait un épaississement très marqué du fil au cours de l'intermue suivant.

Enfin, la constance du diamètre chez des larves considérées à un même stade de leur développement, mais issues d'élevages effectués au moyen de rations alimentaires qualitativement différentes, nous permet de penser que, comme la tête <sup>(1)</sup>, et probablement toutes les autres pièces dures du ver à soie, l'appareil fileur est susceptible de présenter une croissance *peu dépendante* des conditions alimentaires.

### Section III

## LA FIBRE DÉVIDABLE DU COCON

### I. — Matériel et mode expérimental.

Nous avons essayé de mesurer au microscope les deux diamètres de l'ellipse constituant les sections droites de la bave. Pour cela deux techniques avaient été retenues :

1<sup>o</sup> Par inclusion dans la paraffine et coupe au microtome ordinaire. Les fibres étant très dures par rapport au support, les bonnes coupes étaient rares.

2<sup>o</sup> Technique de ROUGEOT (1953) à l'aide du microtome de HARDY pour fibres textiles (HARDY, 1941, CUENCA, 1952). Les coupes étaient assez épaisses, mais se trouvant groupées sous la forme d'une mince pellicule à base de celloïdine, la vision au microscope était correcte. Nous avons réalisé une bonne coloration différentielle à l'aide du vert sulfo en solution aqueuse à 2 p. 100. Dans ces conditions, l'examen microscopique montrait une couche de fibroïne colorée en jaune pâle tandis que la gaine de sérécine se présentait fortement colorée en vert.

Cependant, comme nous devons examiner de très nombreux échantillons, nous avons préféré choisir une technique beaucoup plus rapide, basée sur l'examen microscopique d'un morceau de bave posée à plat sur la lame de verre.

(1) cf. FRAISSE (1953).

La mesure du diamètre a donc été effectuée au microscope ( $\times 600$ ), à l'aide du micromètre oculaire, sur les fibres déjà préparées et maintenues sur lames à l'aide d'une mince pellicule de vaseline (cf. chap. III, p. 85). De cette manière, nous avons mesuré le grand diamètre de la bave, lequel, avec le titre, nous a paru le plus représentatif de la grosseur du fil. Afin que les valeurs trouvées correspondent bien à ce grand diamètre, nous n'avons conservé que les portions de la fibre bien posées à plat sur la lame. Dans ce cas, on voit les deux brins de fibroïne séparés par un filet plus ou moins épais de séricine (cf. fig. 5a). Nous avons négligé également les portions où la couche de grès présente des solutions de continuité (décollements locaux des deux brins), ainsi que les zones, toujours très courtes, ayant des rendements ou des amincissements brusques. Enfin, les trajets avec brins plus ou moins décollés (fig. 5d) ont été également éliminés.

Pour tous les cocons de chaque lot, cinq mesures ont été faites au hasard sur chaque échantillon de 25 m ce qui représente environ 300 à 400 mesures par fibre, soit en tout 37 050 observations dont 18 100 concernent nos divers types d'élevages de la race Ascoli Roustan et 19 850 d'autres types français à cocons jaunes joints à quelques croisements japonais à cocons blancs, en vue de généraliser nos résultats à l'ensemble des principaux types de *Bombyx mori*.

## II. — Les résultats.

Nous avons d'abord comparé les diamètres à l'intérieur d'une même fibre, soit en des points très voisins, soit au contraire sur toute sa longueur. L'étude a été poursuivie par les comparaisons dans un même groupe et entre des fils provenant d'élevages différents.

### A. — Variabilité en des points très voisins d'une même fibre.

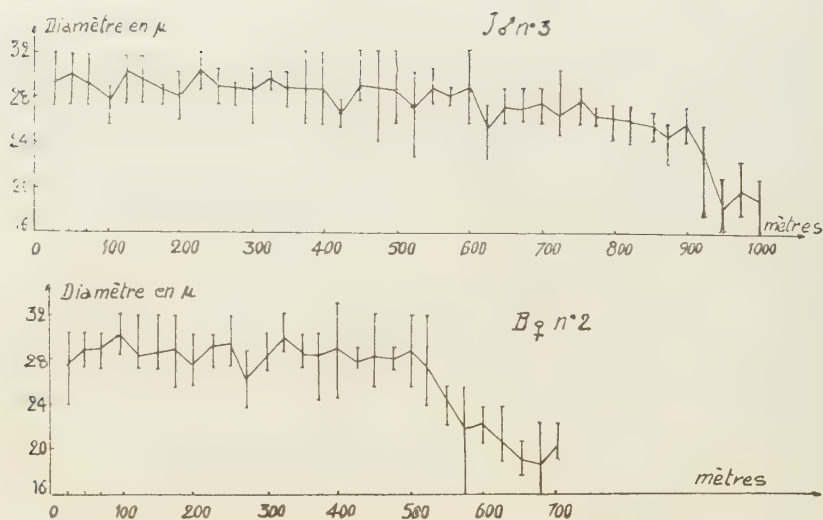
Nous avons comparé dans chaque cocon et à tous les niveaux de prélèvements (25 m) les cinq mesures faites en des points très voisins, distants de quelques mm. Nous avons ensuite dressé les tableaux numériques et construit les graphiques correspondants.

Un premier groupe de graphiques fait apparaître les écarts en valeurs absolues entre ces cinq mesures (exemple graph. 20).

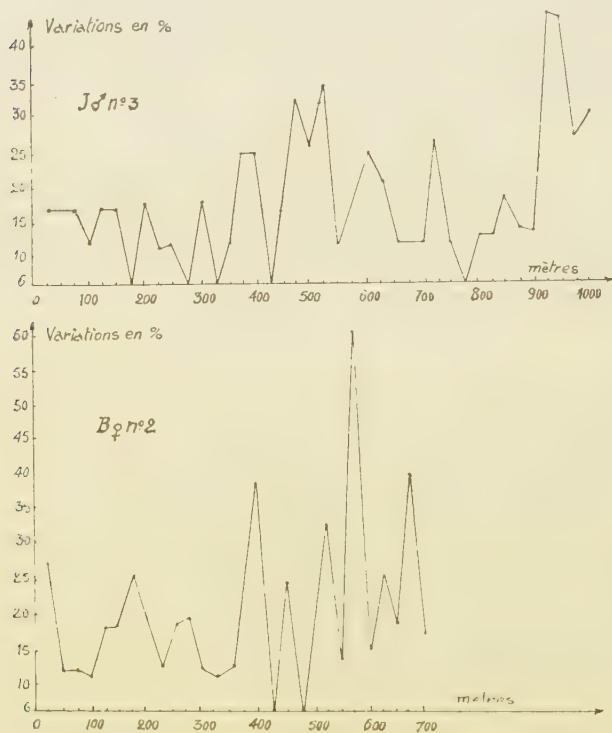
Un deuxième groupe de graphiques donne la valeur relative de ces écarts en fonction du diamètre le plus faible (exemple graph. 21).

De l'examen de ces graphiques nous tirons les conclusions suivantes :

1° Dans tous les cocons et dans tous les lots, le diamètre de la fibre est essentiellement *variable*, même en des points *très voisins*.



GRAPHIQUE 20. — Variabilité du diamètre en des points très voisins.



GRAPHIQUE 21. — Variabilité du diamètre en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).



2° Cette variabilité est *indépendante* de la position de l'échantillon prélevé le long d'une bave.

3° A l'intérieur d'un même cocon, on peut chiffrer les écarts à un même niveau de 6 à 60 p. 100, mais, en général, la variabilité entre les valeurs extrêmes est comprise entre 12 et 20 p. 100.

4° La moyenne des écarts à un même niveau se rapproche tantôt de l'écart maximum, tantôt de l'écart minimum, mais, les fluctuations de cette moyenne, en fonction des valeurs extrêmes, ne paraissent pas liées ni à la position le long du fil, ni au sexe, ni au régime alimentaire. Ceci montre que les points faibles se *distribuent au hasard* sur la fibre. Ils paraissent donc uniquement provoqués par le comportement larvaire au cours du filage du cocon.

5° La répartition des écarts est sensiblement différente d'un cocon à un autre, cependant les moyennes sont assez proches et voisines de 18 p. 100.

6° Enfin, les comparaisons faites entre les 13 principaux types français de vers à soie à cocons jaunes, nous donnent pour ces écarts des valeurs moyennes très voisines : de 11,3 à 15,5 p. 100 (cf. tabl. XXVII, p. 182).

#### B. — Variations le long d'une même bave.

En vue d'analyser les variations du diamètre le long d'une même bave, nous avons représenté graphiquement pour chaque cocon l'évolution de ce diamètre. Pour cela, nous avons considéré que la valeur qui représentait le mieux le diamètre moyen d'un flotillon de 25 m était la moyenne des  $5 + 5 = 10$  mesures faites à ses extrémités. Nous avons construit 120 courbes s'appliquant aux cocons de la race Ascoli Roustan et 100 courbes correspondant à une dizaine d'autres types jaunes indigènes français qui ont donné les mêmes résultats.

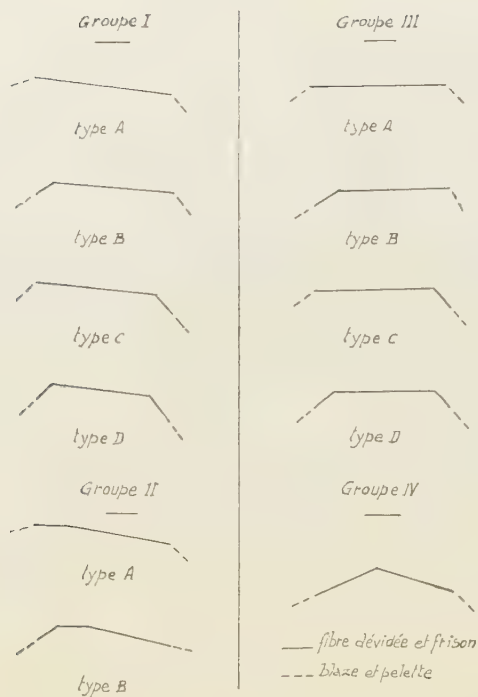
L'examen de toutes ces courbes nous permet de les répartir en quatre groupes principaux, correspondant aux schémas types du graphique 22 (partie en traits pleins).

Dans le premier groupe la courbe est continuellement descendante (type A) ; cependant on peut noter quelquefois soit une courte montée initiale (type B), soit une chute finale plus marquée (type C), soit les deux à la fois (type D).

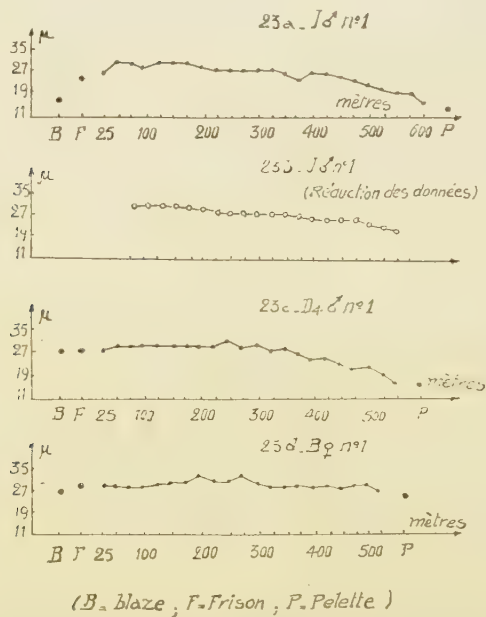
La partie initiale de la courbe du deuxième groupe tend vers l'horizontale, tandis que le reste du trajet, plus de la moitié, a l'allure du groupe précédent. On peut avoir également les variantes B, C ou D.

Dans le troisième groupe, le plateau occupe la plus grande partie de la courbe.

Enfin les courbes du quatrième groupe sont angulaires, avec branche ascendante mesurant au moins le tiers de la longueur totale.



GRAPHIQUE 22. — Variations du diamètre et du titre des baves (schémas types).



GRAPHIQUE 23. — Variations du diamètre le long du fil (ordonnées logarithmiques).

Pour quelques cocons nous avons tracé une double courbe. L'une d'elles est obtenue directement à partir des mesures; la deuxième a été faite en appliquant une méthode de réduction des données.

Après plusieurs essais, la méthode suivante nous a paru la meilleure :

Si après filature on retire d'une fibre  $n$  échantillons de 25 mm, on obtient les diamètres suivants :

$a, b, c, d, e, f, g, h \dots n-4, n-3, n-2, n-1, n$ , les ordonnées des points figuratifs de la courbe sont calculées comme suit :

$$\text{point n}^{\circ} 1 = \frac{a + b + c + d + e}{5}$$

$$\text{point n}^{\circ} 2 = \frac{b + c + d + e + f}{5}$$

$$\text{point n}^{\circ} (n-4) = \frac{(n-4) + (n-3) + (n-2) + (n-1) + (n)}{5}$$

Cette courbe, qui présente évidemment quatre points de moins que la première, a été ajustée en faisant correspondre son premier point figuratif au troisième point figuratif de la première, et son dernier point figuratif au  $(n-3)^{\text{e}}$  point figuratif de la première.

On obtient de cette manière des courbes adoucies qui traduisent mieux les variations générales du diamètre le long du fil (comparer les graphiques 23a et 23b).

Nous rangeons par exemple le graphique 23a (ou 23b après réduction des données) dans le premier groupe, le graphique 23c dans le deuxième groupe et le graphique 23d dans le troisième groupe.

Après examen attentif de tous les graphiques nous notons que dans 50 p. 100 des cas environ, on obtient des courbes du groupe 1 dans les deux sexes et sous tous les régimes alimentaires.

Les formes des groupes 2 et 3 sont moins fréquentes; elles ne se rencontrent que dans 20 à 25 p. 100 des cocons.

Enfin, la forme angulaire du groupe 4 est très rare.

L'examen de ces courbes nous montre donc qu'en général le diamètre de la fibre tend à diminuer plus ou moins régulièrement du début à la fin de la bave. Il y a bien quelquefois une ascension initiale, mais le maximum est toujours atteint très rapidement. En fin de filature, la chute peut être assez brusque.

Si à l'intérieur d'un même cocon, nous considérons les valeurs absolues du diamètre, nous notons en général des maxima de 30 à 35  $\mu$  au début de la fibre (cf. tabl. XXVIII, p. 18); les valeurs de 35 à 40  $\mu$  sont exceptionnelles.

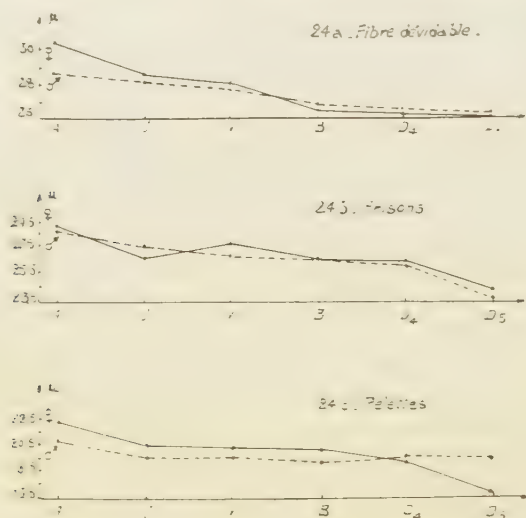
Les minima, qui sont mesurés sur la partie de la fibre constituant les couches les plus internes de la coque, ont des valeurs moyennes de 14 à 18  $\mu$ , avec, dans certains cas, des régions très fines mesurant 12 à 14  $\mu$ .

Cependant, si on fait la moyenne des mesures d'une même bave, on obtient des valeurs voisines de 28  $\mu$ . Cette moyenne est donc toujours beaucoup plus près des maxima que des minima.

Les écarts très marqués entre les extrêmes mettent en relief la grande irrégularité du diamètre à l'intérieur d'une même fibre.

### C. — Comparaisons entre cocons d'un même lot.

Nous avons calculé le diamètre moyen de la fibre formée à partir de chacun des cocons d'un même élevage, en vue de comparer les moyennes



GRAPHIQUE 24. — Variations du diamètre des fibres de soie selon l'alimentation de la larve (moyennes en  $\mu$ ).

des divers diamètres obtenus. Nous constatons que la variabilité au niveau des moyennes est bien plus faible qu'à l'intérieur d'une même bave. En effet, selon les lots, les écarts relatifs entre les extrêmes sont de l'ordre de 6 à 25 p. 100, avec une moyenne de 10 p. 100. Il ne semble pas que le sexe ou le régime alimentaire aient une influence marquée sur cette variabilité.

### D. — Influence de la race.

Toutes les souches françaises ont des diamètres moyens très proches les uns des autres (26 à 28  $\mu$ ), de même que des valeurs extrêmes comparables. Les courbes individuelles se ramènent toujours aux formes générales déjà décrites.

## E. — Influence du régime alimentaire de la larve.

Le régime alimentaire ne paraît pas avoir d'influence notable sur l'évolution générale du diamètre à l'intérieur du cocon. Par contre, à un même stade de la filature de ce cocon, il se produit une diminution du diamètre de la fibre lorsqu'on passe progressivement des élevages de printemps aux éducations d'automne (cf. graph. 24). En effet, les écarts entre les moyennes observées sur les élevages de printemps et d'automne, sont de 0,1 p. 100 chez les mâles contre 10,0 p. 100 chez les femelles.

Après l'étude de la fibre filée, il convient maintenant de considérer les parties non dévidables de la coque : la blaze, le frison et la pelette.

### Section IV

## LES ÉLÉMENTS NON DÉVIDABLES DU COCON

Sur la blaze, le frison et la pelette de chaque cocon, nous avons fait au hasard cinq mesures du diamètre par échantillon et avons calculé leurs moyennes.

Ces moyennes ont été portées à leurs places respectives sur les graphiques individuels (cf. par exemple les points B, F, P, sur les graph. 23a à 23d).

Nous avons ensuite calculé les moyennes par lot, par sexe, et enfin les moyennes générales (cf. tabl. XXVIII, p. 183). Ce tableau nous montre que la première soie produite par la larve mûre, la blaze, est formée par un fil très fin, mesurant environ 20  $\mu$ . Lorsque la blaze est complètement émise, le ver à soie tisse le cocon proprement dit. Il forme d'abord la couche la plus externe, non dévidable, le frison. En général, son diamètre est légèrement inférieur à celui de la soie constituant les premières couches filables (24 à 28  $\mu$ ). Le fil de la pelette, beaucoup plus fin que celui de la fibre dévidable, peut se comparer à celui de la blaze (18 à 20  $\mu$ ).

Le régime alimentaire exerce sur le diamètre de tous ces éléments une influence comparable à celle provoquée sur la partie dévidable : cf. graph. 24 et tabl. XXVIII, p. 183).

Les mesures du diamètre de la blaze, du frison et de la pelette, nous ont permis de compléter les schémas types du graphique 22 (partie en pointillés). Ces graphiques ainsi complétés nous montrent qu'il ne paraît pas y avoir de variations brusques du diamètre entre les différentes parties d'une même bave : le diamètre, d'abord très fin, s'accroît progressivement, se maintient ensuite maximum ou submaximum sur une plus ou moins grande partie du trajet, et décroît enfin progressivement pour atteindre



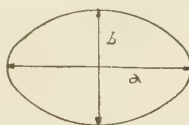
finallement dans la pèlette une valeur assez comparable à celle du début, dans la blaze.

Le diamètre ou grand axe de l'ellipse formant la section droite des fibres, ne représente qu'une des dimensions permettant de caractériser la forme de section des fibres. La connaissance de l'autre dimension, le petit axe de l'ellipse, permettrait d'étudier les variations de « l'aplatissement » des baves tout au long de leur trajet.

### Section V.

## APLATISSEMENT DE LA SECTION DE LA FIBRE

Nous avons mis au point une technique rapide de détermination approximative de la variabilité de l'aplatissement des baves sans qu'il soit nécessaire de mesurer le petit axe de l'ellipse. Pour cela, nous avons admis avec COLOMBO (1915) que la densité de la fibre est sensiblement la



même en tous ses points. Nous savons qu'il doit y avoir de très légères différences, provoquées surtout par la variabilité du taux de séricine selon la couche du cocon, mais l'erreur relative reste inférieure à 3 p. 100.

En assimilant la section droite de la fibre à une ellipse dont le grand axe serait ( $a$ ), le petit axe ( $b$ ) =  $a/k$  <sup>(1)</sup>, et en représentant par  $P$  le poids d'un échantillon de fibre, par ( $s$ ) sa surface de section, par ( $l$ ) sa longueur et par ( $d$ ) sa densité, nous avons les relations suivantes :

$$1) s = \pi a^2/k \quad 2) P = sld = \pi a_0^2 d/k.$$

Si on considère que dans une portion de fil de longueur connue, le facteur constant  $\pi d/k$  peut être représenté par  $K$ , on obtient :

$$P = K d_2 \quad \text{ou} \quad K = P/d_2 \quad \text{d'où} \quad 1/K = d_2/P.$$

En d'autres termes, le rapport  $k$  est proportionnel à  $1/k$ , c'est-à-dire proportionnel au carré du diamètre du fil et inversement proportionnel à son poids.

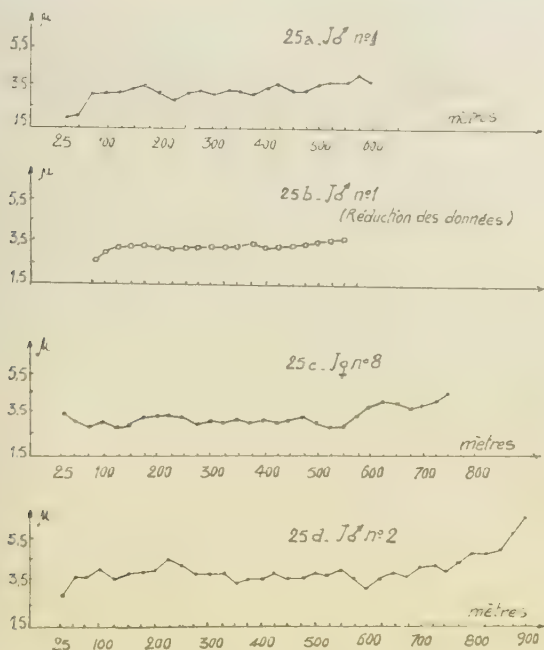
Dans une série de fibres appartenant à trois groupes très différents tels que : J ♂ et J ♀, B ♂ et B ♀, D<sub>1</sub> ♂ et D<sub>1</sub> ♀, nous avons déterminé une

(1)  $a/k$  est assez constant dans une même zone du cocon.

valeur de  $1/K$  par flotillon de 25 m, soit en tout 944 mesures dans les 33 cocons étudiés.

$1/k$  étant proportionnel au rapport entre le grand axe et le petit axe de l'ellipse, sa valeur représente le degré d'aplatissement de la fibre, et cet aplatissement est d'autant plus accentué que  $1/K$  est plus élevé.

A partir des valeurs numériques, nous avons représenté graphiquement pour chaque cocon les variations de l'aplatissement le long d'une



GRAPHIQUE 25. — Variations de l'aplatissement le long du fil.  
(ordonnées logarithmiques.)

même bave. Nous obtenons des courbes se ramenant à deux types principaux.

Les courbes du premier type, les plus rares, sont continuellement ascendantes (cf. graph. 25 *a* et 25 *b*) ; celles du second, dont la fréquence est de l'ordre de 75 p. 100, sont quasi horizontales sur la plus grande partie de leur trajet, et ce n'est que vers l'extrémité de la fibre qu'elles s'élèvent plus ou moins rapidement (cf. graph. 25 *c* et 25 *d*).

L'examen de tous ces graphiques nous montre que la bave de soie va en s'aplatissant à mesure que le filage du cocon se poursuit. En général, les variations sont faibles sur près des deux tiers du trajet, et ce ne sont que les fibres constituant les couches les plus internes de la coque qui

marquent une nette tendance à l'aplatissement, lequel est plus accentué vers leur extrémité.

Les variations de l'aplatissement à l'intérieur d'un même cocon sont donc très marquées, à cause de l'accroissement brusque de  $1\text{ K}$  en fin de filature. Au contraire, l'alimentation ou le sexe ne paraissent pas modifier beaucoup sa valeur.

### Section VI.

## DISCUSSION AU SUJET DU MÉCANISME DE L'ÉMISSION DU FIL DE SOIE

Les résultats présentés dans ce chapitre, joints à ceux d'autres auteurs, nous permettent de formuler quelques suggestions en vue de préciser le mécanisme de la sécrétion de la soie et de la formation du fil.

Le filage ne paraît possible que par la conjugaison de plusieurs facteurs, les uns à caractère *dynamique*, les autres d'ordre *physique et chimique*.

1° *Les facteurs dynamiques* sont en relation avec le comportement larvaire pendant le filage. Ils conditionnent :

a) Le dépôt sur un support, ou sur un fil déjà émis d'une goutte de soie qui adhère aussitôt.

b) L'étirement plus ou moins prononcé de la matière visqueuse sécrétée par la larve, grâce à l'appui offert par la partie du fil préalablement déposée et déjà durcie.

c) Les mouvements de flexion de la région antérieure du corps pendant tout le filage, lesquels permettent la fixation et l'étirement du fil.

Si on empêche le contact répété de la filière avec un support, ou les mouvements rythmiques de flexion de la partie mobile de la chenille, le filage s'arrête aussitôt.

2° *Les facteurs physiques et chimiques* se rapportent à la pression exercée sur le fluide contenu dans les glandes séricigènes, aux caractères physiques de ce fluide, et en particulier à sa viscosité, enfin à la structure macromoléculaire de la fibroïne.

a) La pression interne des glandes séricigènes des larves mûres doit être élevée. Il faut en effet souligner avec ALLEGRET (1956) que la croissance larvaire rend la chenille de plus en plus turgescente au cours de chaque intermue, de sorte qu'à la maturité la pression exercée par le milieu intérieur peut être suffisante pour permettre le cheminement progressif de la matière soyeuse vers la filière et amener son émission. D'ailleurs l'expérience nous montre qu'au moment de la formation du cocon les glandes séricigènes sont également turgescentes.

b) Nous avons mis en évidence que pendant tout le 5<sup>e</sup> intermue les glandes séricigènes subissent une déshydratation progressive, laquelle doit provoquer une augmentation de la viscosité de la matière soyeuse, ce qui permet à cette substance d'avoir au moment du filage la consistance compatible avec la formation d'un fil long et mince.

c) La structure macromoléculaire de la fibroïne et, après le passage de celle-ci à travers les zones rétrécies de la presse et de la filière, l'excellente orientation de ses cristallites dans le sens de l'axe de la fibre, sont à l'origine d'un durcissement presque instantané de la soie, dès son émission (MERCIER, 1952).

### Section VII.

## NOS CONCLUSIONS

L'étude du diamètre de la fibre de soie, faite au cours des diverses périodes de la vie de la chenille, et particulièrement avant la nymphose, nous a permis de présenter les conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> Le diamètre moyen du fil s'accroît *brusquement* après chaque mue et ne subit pas ensuite de modifications appréciables jusqu'à la mue suivante. Pour expliquer ce fait, on peut penser que la croissance de l'appareil fileur se produit presque exclusivement pendant la mue, de sorte qu'au cours de l'intermue les sections de la filière et de la presse ne se modifient guère. Cependant, comme le diamètre du fil est conditionné non seulement par les dimensions de l'appareil fileur, mais également, comme nous venons de le voir, par un ensemble d'autres facteurs, il conviendrait de vérifier cette hypothèse en étudiant directement la croissance de l'appareil fileur pendant tous les stades larvaires.

2<sup>o</sup> Le diamètre de la fibre de soie n'est pas constant sur toute sa longueur. On distingue en effet non seulement une variabilité locale très accusée, mais également une variation systématique de l'épaisseur du fil d'une extrémité à l'autre.

Ces modifications peuvent être observées quels que soient le sexe, le régime alimentaire, ou la race considérée.

La variabilité entre des points très voisins est indépendante de la position de ces points sur la fibre.

L'étude des variations systématiques du diamètre le long du fil fait apparaître d'abord un accroissement rapide de ce diamètre dans les couches externes du cocon jusqu'à un maximum, suivi, après un palier de longueur variable, d'une plus ou moins lente diminution jusqu'à la fin de l'émission de la soie. Cette diminution est en général plus rapide vers l'extrémité du fil.

Aux variations du diamètre correspondent également des modifications dans la forme de la section de la fibre. Cette dernière s'aplatit progressivement pendant le filage, et particulièrement au niveau des couches les plus internes du cocon.

3° Le régime alimentaire ne semble pas avoir d'influence notable sur l'évolution générale du diamètre à l'intérieur du cocon. Par contre, il contribue à déterminer l'épaisseur de la fibre. On note en effet une diminution lente mais progressive du diamètre lorsque l'alimentation des vers à soie est faite avec des feuilles de plus en plus âgées.

L'observation du ver à soie effectuant son cocon semble indiquer que les *variations aléatoires* du diamètre ont essentiellement pour origine les *déplacements cycliques de la partie antérieure du corps*, lesquels permettent le dépôt du fil de soie sous la forme de 8 serrés les uns contre les autres. Grâce au point d'appui offert par la partie du fil préalablement déposée et déjà durcie, ces mouvements font subir à la fibre encore visqueuse sortant de la filière une *tension* qui provoque son *étirement*. Au cours d'un même déplacement cyclique dans les différents plans, la distance séparant l'extrémité de la filière du point d'appui étant loin d'être constante, il en résulte à tout instant une variation plus ou moins prononcée dans l'intensité de la force de traction que subit la matière soyeuse au sortir de la filière. Cette variation occasionne par suite de fréquents changements dans la section de la fibre, et donne au fil de soie l'aspect essentiellement irrégulier qui le caractérise.

Dans un travail annexe fait en collaboration avec ALLEGRET (1958, en préparation) nous avons d'ailleurs précisé les causes de l'irrégularité du fil. Pour cela, nous avons immobilisé la larve mûre, en la maintenant entre le pouce et l'index, et provoqué un filage forcé sur un microdévidoir dont la vitesse constante permettait de maintenir une *tension uniforme* de la bave pendant toute l'opération. Comme le montre la figure 7 nous avons formé par ce procédé des fibres d'une *régularité presque parfaite*, comparées aux fils d'épaisseur très variable issus de la filière de la chenille.

Cette étude annexe a également mis en relief l'étroite relation qui existe entre la tension suivie par la fibre, et le diamètre qui en résulte. En effet, par le filage forcé nous avons obtenu des fils *dont le diamètre était d'autant plus fin* que la vitesse du dévidoir, c'est-à-dire la *tension exercée sur le fil* augmentait (1).

Au cours de ces expériences nous n'avons jamais pu mettre en évidence l'*intervention* des muscles dits de la presse en vue de *modifier la section* de cette dernière. Même en faisant subir à la larve diverses actions violentes pendant l'émission du fil, telles que pincements, hémorragies,

(1) Selon la vitesse des dévidoirs, le diamètre des fils réguliers ainsi formés est compris entre 15 et 24  $\mu$ , alors que la moyenne de celui des témoins se situe autour de 28  $\mu$ .



brûlures, rupture de la chaîne nerveuse, nous avons toujours obtenu des fils réguliers, d'une structure analogue à celle des témoins, et dont le diamètre ne dépendait que de la vitesse du dévidoir. Un tel filage a toujours été possible, à la seule condition d'empêcher les mandibules d'entrer en contact avec la soie.

La presse ne serait donc qu'un organe passif qui ne contribue pas à provoquer les variations du diamètre du fil du cocon. Elle représenterait seulement une zone d'étranglement du tube fileur limitant le débit de la sécrétion.

*Les variations systématiques de l'épaisseur du fil semblent être conditionnées à la fois par les variations de l'amplitude des mouvements cycli-*

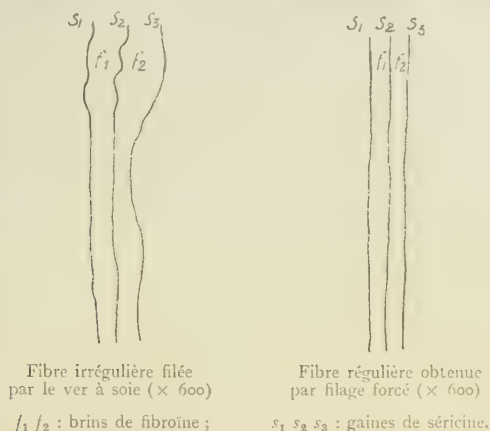


FIG. VII. — Comparaison entre les fibres de soie filées par la larve et celles résultant d'un filage forcé.

ques des régions céphaliques et thoraciques et par les modifications de la pression exercée sur le liquide soyeux dans les glandes séricigènes :

a) Au début du filage, la chenille tisse la blaze, réseau lâche à l'intérieur duquel sera formé le cocon. Pendant cette période l'insecte effectue de larges flexions de la région antérieure du corps, auxquelles doit correspondre un étirement maximum de la matière collante qui constitue la soie, lequel provoque la formation d'une fibre de faible diamètre.

b) Ensuite, les déplacements plus réduits opérés dans les limites d'un cocon déjà dessiné, semblent mettre en jeu une force de traction amoindrie grâce à laquelle le fil formé devient plus épais.

c) Après 24 heures de filage, la synthèse de la fibroïne est pratiquement terminée tandis que l'émission continue de la soie occasionne un vidage progressif du réservoir auquel doit correspondre un abaissement lent mais régulier de la pression dans les glandes séricigènes. Nous rappe-

lons que cette hypothèse est confirmée par l'observation des chenilles ou des glandes séricigènes isolées, la turgescence des unes et des autres diminuant du début à la fin du filage.

La baisse de pression au niveau du liquide soyeux doit occasionner un affaiblissement progressif du débit de la soie au moment où l'amplitude des mouvements cycliques s'est *régularisée*, l'insecte ne pouvant désormais se mouvoir que dans un espace limité. En conséquence, pour des efforts de traction comparables, le débit de la soie devient de plus en plus faible à mesure que le filage se poursuit, ce qui doit provoquer un amincissement progressif du fil auquel s'ajoute un aplatissement de sa section si le débit s'abaisse trop.

Amincissement et aplatissement s'accroissent de plus en plus jusqu'à la fin du filage en même temps que les glandes séricigènes se vident.

---

## TITRE DE LA FIBRE DE SOIE

## I. — GÉNÉRALITÉS ET TECHNIQUE DE MESURE

Dans le domaine textile, on appelle titre ou finesse d'une fibre, le poids d'une certaine longueur de cette fibre. Cette appellation désigne une valeur conventionnelle caractérisant la grosseur de la fibre au lieu de la mesure de son diamètre. Il est évident que la recherche directe de la surface de section, ou tout au moins du grand diamètre de l'ellipse qui la représente, semblerait préférable à tout autre moyen. Mais, comme nous l'avons vu, le diamètre d'une fibre est très variable, même si on en considère deux points très voisins. De nombreuses mesures seraient donc nécessaires pour obtenir une moyenne valable. On a trouvé beaucoup plus facile de remplacer toutes ces mesures au microscope par la simple pesée, à la microbalance, d'une longueur déterminée de fibre.

Le titre de la fibre est exprimé en deniers (poids en demi dg de 450 m de fibre). Dans ces conditions, le titre représente-t-il la grosseur de la fibre aussi bien que le diamètre?

Si  $P$  est le poids de 450 m de fibre,  $(s)$  sa surface de section, et  $(d)$  sa densité, on peut écrire :

$P = 450 sd$ , ce qui indique que le poids de la fibre est proportionnel à sa section et à sa densité.

Cependant, comme nous l'avons déjà vu la densité est sensiblement constante dans des fibres de même nature. Il en résulte que le titre est proportionnel à la surface de section du fil, c'est-à-dire à son diamètre. Il peut donc se substituer à lui.

Le titre mesuré à partir des flotillons de 25 m déjà préparés (cf. chap. III, p. 85) est obtenu avec une erreur relative inférieure à 2 p. 100.

Les échantillons sont desséchés pendant 24 heures à l'étuve à 70°C, puis maintenus étalés pendant 8 jours dans le laboratoire conditionné. Ils sont ensuite pesés individuellement dans le même local à l'aide d'une balance de torsion (précision = 0,05 mg).

Le titre en deniers de chaque flotillon de 25 m est enfin obtenu par une transformation d'unités en appliquant la formule : titre (deniers) =  $450 P/50 \times 25 = 0,36 P$  (1).

(1) On pourrait également exprimer le titre en numéro métrique (Nm), qui représente le nombre de mètres de soie contenus dans 1 g de fibre. Pour l'obtenir, il suffirait de calculer le rapport : 9 000/titre en deniers.

Dans laquelle  $P$  représente le poids en mg de chaque flotillon de 25 m.

Si le calcul porte sur l'ensemble d'une bave de longueur  $N$  mètres, la formule devient :

$$\text{titre (deniers)} = 450 P/50 N = 9 P/N \quad (1).$$

Nous avons effectué 7 850 mesures de titre, parmi lesquelles 3 600 concernent les divers lots de la race expérimentée (Ascoli Roustan), 3 800 d'autres types français à cocons jaunes, et 450 quelques croisements japonais à cocons blancs.

## II. — LES RÉSULTATS

La mesure du titre pour chaque portion de 25 m se faisant à l'aide d'une seule pesée, il ne nous a pas été possible de préciser la variabilité de ce caractère entre deux points très voisins de la fibre. Par contre, nous avons analysé ses variations à l'intérieur d'une même fibre, entre cocons de même origine, entre lots d'une même race, et enfin entre races différentes.

### A. — Variations le long d'une même bave.

Comme dans le cas du diamètre, afin d'analyser les variations du titre le long d'une même bave, nous avons représenté graphiquement pour chaque cocon l'évolution de ce titre, et construit un même nombre de courbes individuelles, soit 220.

Ces graphiques ont des *allures semblables* à celles des diamètres (comparer par exemple les graphiques 23 et 26). L'analogie est d'ailleurs encore plus marquée si on applique la méthode de réduction des données. Certes, nous notons bien des différences d'ordre local, mais elles s'expliquent si on considère que les valeurs représentatives du diamètre sont les moyennes de 10 mesures faites seulement aux extrémités de chaque échantillon de 25 m, tandis que le titre est l'expression de la moyenne des titres de tous les points de cet échantillon.

Les analogies constatées nous ont d'ailleurs permis de répartir les courbes concernant les titres en quatre groupes principaux, identiques à ceux déjà définis pour les diamètres (cf. chap. IV, p. 93 et graph. 22).

Par exemple, la courbe 26 *a* (ou 26 *b* après réduction des données) appartient au premier groupe ; celle 26 *c* au deuxième groupe, et celle 26 *d* au troisième.

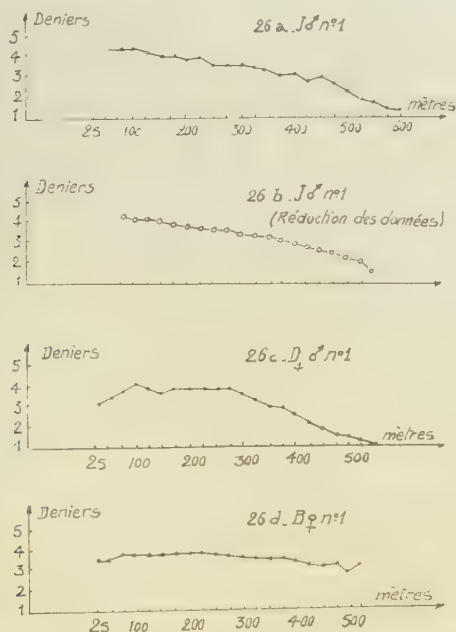
A l'intérieur de tous les lots étudiés, 90 p. 100 des fibres ont des courbes-diamètre et des courbes-titre pouvant se ranger dans le même groupe.

De l'examen de tous ces graphiques nous déduisons des conclusions *analogues* à celles concernant la variation du diamètre le long du fil,

(1) Voir page précédente.

c'est-à-dire que le titre tend à diminuer plus ou moins régulièrement d'une extrémité à l'autre de la bave ; de même, on note fréquemment une ascension initiale sur une faible longueur ainsi qu'une chute finale assez marquée.

Dans toutes les races françaises la valeur maximum du titre se rencontre généralement dans la première centaine de mètres, tandis que la valeur minimum apparaît en fin de filature. Les maxima dépassent souvent 4,3 deniers, et peuvent même atteindre quelquefois 6,3 deniers. Les minima sont très faibles, inférieurs à 1,3 deniers. Ils s'abaissent même



GRAPHIQUE 26. — Variations du titre le long du fil (ordonnées logarithmiques).

parfois jusqu'à 0,6 deniers. Enfin, le titre moyen pour chaque cocon se situe autour de 3,4 deniers <sup>(1)</sup>.

Toutes ces valeurs nous montrent que les écarts entre les extrêmes sont très importants.

Si on tient compte de la longueur, les fibres les plus longues présentent toujours la variation la plus faible. En particulier, les croisements japonais, dont les baves sont très longues, ont des titres beaucoup plus réguliers que les races françaises, ce qui leur permet d'obtenir des fils de grège <sup>(2)</sup> également réguliers.

(1) Toutes ces valeurs concernent la première récolte de printemps.

(2) Le grège est obtenu à la filature, indépendamment de la longueur des baves, à partir de fibres plus ou moins longues.



## B. — Comparaisons entre cocons d'un même lot.

Les comparaisons des moyennes des titres concernant les cocons d'une même population nous montrent une faible variabilité d'un individu à un autre.

## C. — Comparaisons entre races.

Nous avons comparé les titres moyens de 14 races du type jaune indigène français et de 6 croisements japonais à cocons blancs.

Si nous considérons les variations le long du fil, nous notons certes des différences marquées de race à race, mais ces différences ne sont pas supérieures à celles que l'on observe entre les cocons d'une même race.

La grosse majorité des cocons présente des baves dans lesquelles le titre s'abaisse plus ou moins régulièrement lorsqu'on passe des couches externes aux couches internes de la coque. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on observe soit un palier sur plus de la moitié de la longueur (groupe 3), soit une courbe angulaire (groupe 4). Par contre, on rencontre assez fréquemment une courte ascension initiale pouvant être suivie par un palier assez court.

Si nous considérons les valeurs absolues du titre, nous notons que toutes les souches françaises ont des titres moyens assez comparables (cf. tabl. XXIX, p. 184).

Enfin, les croisements japonais ont un titre moyen nettement plus faible que les races françaises, environ 2,9 deniers contre 3,4 deniers.

## D. — Influence du régime alimentaire de la larve.

Dans tous les lots expérimentés, la grande similitude des graphiques individuels exprimant le titre nous montre que l'alimentation ne modifie pas sensiblement ce titre à l'intérieur d'un même cocon.

Par contre, le régime alimentaire a une *nette influence* sur l'épaisseur du fil : les fibres les plus grosses sont toujours formées par les vers à soie alimentés avec des feuilles juvéniles. Le titre diminue donc progressivement au fur et à mesure que l'indice minéral des feuilles de mûrier s'abaisse. C'est ce que montre le graphique 27. Les écarts observés entre les moyennes extrêmes (printemps et automne) sont de 42 p. 100 dans chaque sexe.

Le diamètre et le titre exprimant tous deux la grosseur de la fibre, il était normal que l'alimentation exerce des actions de même nature sur chacun de ces deux caractères. La variation plus accentuée en faveur des titres s'explique si on considère que ces derniers sont représentés par des mesures pondérales tandis que les diamètres ne correspondent qu'à des mesures linéaires.

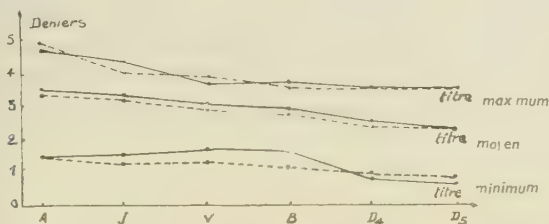
Les résultats expérimentaux ont d'ailleurs été vérifiés par l'analyse biométrique. Dans cette étude, le titre moyen de chaque fibre a été déduit de la relation suivante déjà citée :

Titre (deniers) =  $9 P/N$ , dans laquelle  $P$  exprime le poids de cette fibre en mg et  $N$  sa longueur en m.

Cette relation est équivalente à  $P - N$  après transformation en log.

L'analyse de variance nous a montré que la fonction de  $P$  et de  $N$  qui varie le moins est  $P - 1,6 N$ . Par suite, les divers modes d'alimentation modifient moins rapidement la longueur de la fibre dévidée que son poids. Il en résulte donc une variation du titre dont le sens nous a été donné par les mesures directes.

Le titre est également influencé par le sexe : les femelles ont les valeurs les plus grandes (cf. graph. 27). Vis-à-vis du sexe, la fonction



GRAPHIQUE 27. — Variations du titre des fibres de soie selon l'alimentation de la larve.  
(Moyennes en deniers.)

mâles : - - - - -

femelles : —●—

de  $P$  et de  $N$  la plus stable est  $P - 0,06 N$ , c'est-à-dire que les modifications du titre sont provoquées presque exclusivement par les variations de la longueur de la bave, et très faiblement par celles du poids de cette bave.

### III. — CONCLUSION

L'étude de la variabilité du titre des baves de soie nous conduit aux mêmes conclusions que celles déduites de l'analyse des diamètres, car le diamètre et le titre sont deux grandeurs susceptibles de représenter correctement l'une et l'autre l'épaisseur d'une fibre. C'est la raison pour laquelle les modifications apportées dans le régime alimentaire des larves se répercutent toujours de la même manière sur chacun de ces deux caractères.

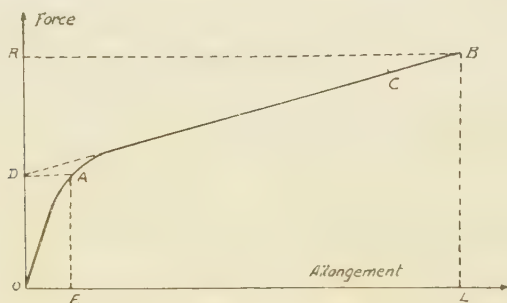
Cependant, comme le diamètre est représenté par une mesure linéaire, tandis que le titre résulte d'une mesure pondérale, les variations du titre sont toujours plus prononcées que celles du diamètre.

## CHAPITRE VI

### PROPRIÉTÉS DYNAMOMÉTRIQUES DES FIBRES DE SOIE

#### I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Nous savons que si on exerce des forces de traction croissantes sur un fil métallique il s'allonge, et, en deçà d'une certaine charge appelée limite d'élasticité, l'allongement est une fonction quasi réversible et linéaire de l'effort de traction. Si on supprime peu à peu la charge on obtient au retour les mêmes valeurs qu'à l'aller. Lorsqu'on dépasse la limite d'élasticité, l'allongement croît beaucoup plus rapidement et, si



GRAPHIQUE 28. — Courbe force-allongement d'une fibre textile (schéma).

on détend l'éprouvette à partir d'une certaine charge, le fil ne reprend pas sa longueur initiale : il y a hystérésis, de sorte qu'en supprimant la force de traction il reste une déformation permanente. Enfin, en continuant d'accroître la charge, pour une valeur R suffisamment élevée le fil se rompt. R est appelé *charge de rupture*, tandis que l'allongement de la fibre au moment de la rupture exprime *l'allongement de rupture*.

Si au lieu d'utiliser un fil métallique on emploie une fibre textile, l'hystérésis se manifeste dès les faibles charges, car les fibres textiles n'ont qu'un domaine très réduit d'élasticité pure. Cependant, l'examen des courbes « force-allongement » d'une fibre quelconque permet de distinguer d'abord une portion sensiblement linéaire OA correspondant à des déformations pratiquement élastiques (cf. graph. 28). Mais, à partir

d'un point A appelé point d'inflexion ou point de fissuration (yield point des Anglo-Saxons) la ligne s'incurve fortement vers l'axe des allongements, de sorte qu'à un faible accroissement de la charge correspond toujours un allongement important du fil. Enfin, pour une charge limite OR (charge de rupture), on obtient l'allongement limite OL (allongement de rupture).

Si à partir d'un point C pris entre A et B on supprime progressivement la charge, la fibre ne reprend plus sa longueur primitive, mais conserve un allongement permanent, même après un temps de repos assez long ; cette déformation permanente traduit la plasticité de la fibre.

La charge de rupture des fibres textiles est habituellement mesurée en grammes, tandis que l'allongement de rupture est exprimé en p. 100 de la longueur initiale.

Il est évident que la valeur de la charge de rupture est en étroite relation avec la grosseur de la fibre, c'est-à-dire avec son diamètre ou avec son titre. Pour éliminer l'influence de la grosseur sur la charge de rupture, on détermine cette dernière par unité de section ou par unité de titre. Dans le cas de la soie, on calcule la ténacité de rupture en formant le rapport de la charge de rupture en grammes au titre en deniers.

La ténacité, la charge de rupture et l'allongement de rupture constituent les principales propriétés dynamométriques des fibres. Ces propriétés sont d'ailleurs en liaison directe avec la structure du fil, en particulier avec la longueur des chaînes macromoléculaires de la fibroïne et avec l'importance relative des régions cristallines et amorphes. La ténacité est plus particulièrement en liaison avec la région cristalline, tandis que l'allongement est en rapport avec le domaine amorphe. Dans ces conditions, les valeurs absolues et relatives des coordonnées du point d'inflexion A de la courbe « force-allongement », sont des éléments caractéristiques d'une fibre liés à sa structure, car ils permettent de fixer la limite de charge au-delà de laquelle l'allongement réversible n'est plus réalisable.

Pour déterminer avec le plus de précision possible les coordonnées du yield point, on prolonge la partie rectiligne de la courbe située au-delà de ce yield point jusqu'à sa rencontre en D avec l'axe des forces. De D on trace alors une parallèle à l'axe des allongements qui coupe la courbe au point d'inflexion A (cf. graph. 28). Le segment OD représente la charge maximum compatible avec un allongement réversible tandis que le segment OE est la mesure de cet allongement. Ces deux grandeurs peuvent être exprimées soit en valeur absolue, soit en fonction des charges et des allongements de rupture OR et OL.

## II. — TECHNIQUE OPÉRATOIRE

Nous nous proposons de rechercher pour chacune des fibres issues des cocons de nos différents lots toutes les grandeurs permettant d'analyser avec précision les propriétés dynamométriques de ces fibres : charge de rupture, ténacité de rupture, et allongement de rupture d'une part, charge et allongement au niveau du yield point d'autre part.

L'étude des propriétés mécaniques des fibres textiles s'avère très compliquée, car la valeur de l'allongement dépend non seulement de la charge appliquée mais également de facteurs variés dont les principaux sont : la vitesse d'étirement, la longueur de l'éprouvette soumise à la traction, la nature du microdynamomètre employé, et l'état hygroscopique du milieu ambiant.

Différentes études ont montré que si on double la vitesse à laquelle une même charge est appliquée, on accroît de 3 p. 100 la valeur de la charge de rupture (Anonyme, 1956). D'autre part, au-delà d'une certaine limite il se produit une déformation de la courbe « force-allongement ». Afin d'éliminer cette déformation due aux effets d'inertie, PINTÉ et HENNO conseillent de procéder à de faibles vitesses, toujours inférieures à 40 cm/minute. Mlle BOSSUYT (1941) dans son étude concernant la fibre de lin, choisit une valeur très faible de l'ordre de 10 mm/minute. Enfin, SHEELE (1940) recommande de régler le dynamomètre de manière à obtenir la rupture au bout de 20 secondes de charge ; cette dernière valeur est d'ailleurs reconnue par de nombreux laboratoires textiles.

Après différents essais préliminaires nous avons également réglé notre machine en vue d'obtenir la rupture après 20 secondes de traction environ.

Le choix de la longueur de l'éprouvette était également à considérer. Il est en effet évident que la charge et l'allongement de rupture d'une fibre caractérisent essentiellement le point le plus faible de cette fibre. Mais, comme les chances de rencontrer un point faible le long d'une éprouvette sont en liaison directe avec la longueur de cette dernière, les valeurs trouvées diminuent toujours si la longueur de l'éprouvette augmente. Ce principe a d'ailleurs été vérifié par Mlle BOSSUYT (1941) dans son étude de la fibre de lin.

Nous avons adopté la longueur de 2 cm pour tous les essais. Dans ces conditions, avec une durée moyenne de traction de 20 secondes, la vitesse a été de l'ordre de 15 mm/minute, de sorte qu'on peut considérer comme négligeable la force vive communiquée au système.

De toute manière, nous devons retenir que les valeurs expérimentales représentent toujours des minima, car elles caractérisent le point le plus faible de l'éprouvette.

Notre étude mécanique de la fibre de soie exigeant plusieurs milliers



d'essais, il convenait de choisir pour les réaliser un appareil dont la manœuvre soit facile et rapide, tout en conservant la précision de la mesure. En outre, comme la détermination du point d'inflexion présentait un grand intérêt, cette machine devait permettre l'enregistrement graphique de la courbe « force-allongement ».

Le microdynamomètre SCHOPPER <sup>(1)</sup> que nous avons choisi pour nos essais présente tous ces avantages. Il est essentiellement constitué par une balance automatique à pendule, avec commande hydraulique de la

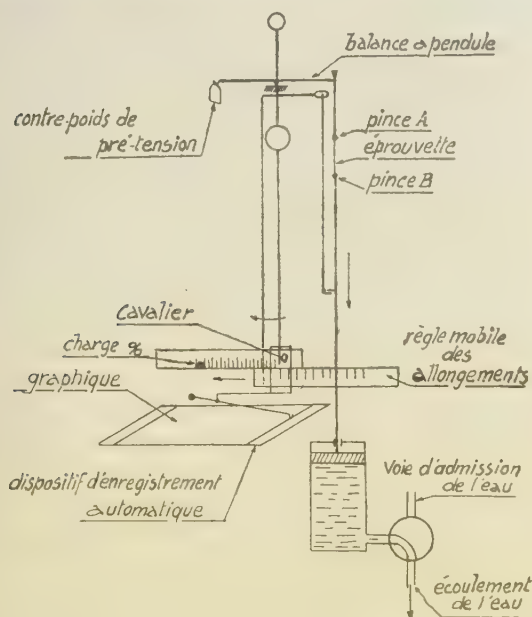


FIG. VIII. — Schéma du microdynamomètre Schopper.

vitesse du déplacement (cf. fig. 8). L'échantillon est placé verticalement entre deux pinces A et B. La traction est exercée sur la fibre par un piston qui porte la pince B, et dont la vitesse de chute peut être rigoureusement réglée. Pendant sa descente, la pince B entraîne la pince A à laquelle elle est reliée par la fibre à éprouver. À son tour, la pince A provoque l'inclinaison du fléau d'une balance à pendule dont l'extrémité se déplace devant une graduation sur laquelle on lit les charges. Un second système de levier, solidaire de la pince B, permet de connaître le déplacement de cette pince, c'est-à-dire l'allongement de la fibre. Au moment

(1) Une description détaillée de l'appareil, et un mode d'emploi sont livrés avec la machine (cf. Anonyme, 1954).

de la rupture, le pendule retombe immédiatement à sa position d'équilibre, abandonnant devant les échelles graduées des forces et des allongements un cavalier grâce auquel on peut lire la charge et l'allongement de rupture.

Dans le cadre de nos expériences, le pendule était réglé de manière à pouvoir mesurer toutes les charges comprises entre 0 et 20 g. L'échelle graduée des forces étant divisée en 100 parties égales, nous avons fait la lecture au niveau du trait le plus proche c'est-à-dire à  $20/200 = 0,1$  g près, ce qui occasionne une erreur relative de l'ordre de 1 p. 100.

Sur l'échelle des allongements, l'intervalle entre deux traits consécutifs correspond à 0,2 mm. En appliquant la même technique que ci-dessus, la précision de la mesure a été faite à 0,1 mm près, ce qui donne une erreur relative voisine de 2 p. 100.

Afin de mesurer toutes les éprouvettes sous des conditions rigoureusement identiques, nous avons fait subir à la fibre une très légère tension avant de la serrer entre les pinces A et B. Ceci nous a permis d'avoir des échantillons bien rectilignes, exempts d'ondulations. La norme de pré-tension a été choisie de manière à ce que le poids ajouté ne provoque pas un début d'allongement de la fibre. Les laboratoires textiles signalent que ces conditions sont réalisées lorsque le poids ajouté n'est pas supérieur à celui de 500 m de fibre à éprouver, ce qui correspond à 110-170 mg dans le cas de la soie. L'expérience nous ayant montré qu'avec des valeurs plus faibles on obtient d'excellentes éprouvettes, nous avons retenu en définitive une pré-tension de 100 mg. Pour annuler l'effet de ce poids additionnel nous avons ajouté à l'extrémité du pendule, après mise en place de l'éprouvette, un contrepoids de même masse.

L'appareil a fonctionné muni de son dispositif d'enregistrement automatique de la courbe « force-allongement ».

Enfin, comme la température et surtout l'hygrométrie du milieu ambiant ont une action très marquée sur les propriétés dynamométriques des fibres, toutes les mesures ont été faites au Laboratoire conditionné dans lequel les fibres avaient été déposées quinze jours auparavant.

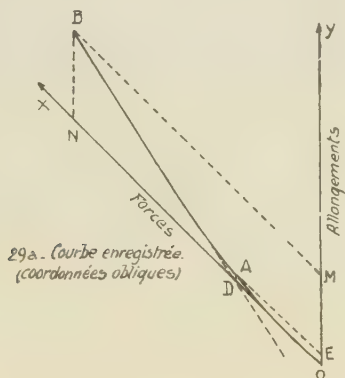
L'étude expérimentale a été réalisée sur les échantillons conservés isolément, à l'abri de la lumière, dans les pochettes en papier noir déjà préparées (cf. chap. III, p. 85).

Nous avons prélevé quatre éprouvettes par échantillon et nous avons expérimenté 112 cocons dont 56 mâles et 56 femelles, dans les différents types d'élevage de la race étudiée Ascoli Roustan. Nous avons ainsi réalisé 14 400 mesures de charge de rupture et 14 400 mesures d'allongement de rupture <sup>(1)</sup>.

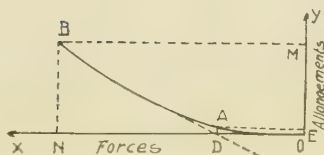
<sup>(1)</sup> Les mesures ont été faites sur des fibres non décreusées. L'emploi de fils d'où la sérécine a été préalablement éliminée exige des manipulations longues et délicates qui nous auraient contraint à réduire le nombre des éprouvettes. De toute manière, les quelques essais effectués sur des fibres décreusées ont donné des résultats comparables à ceux obtenus avec des fibres grèges.

Les mesures lues pour les charges expriment la charge de rupture en p. 100 de 20 g. Nous les avons transformées en grammes. De même, les mesures lues pour les allongements de rupture sont notées en millimètres. Nous les avons calculées en p. 100 de la longueur initiale de 20 mm.

Un enregistrement graphique a été réalisé pour chaque échantillon, ce qui nous a donné 3 600 courbes « force-allongement ». On obtient les diagrammes en coordonnées obliques, dont un exemple est présenté dans le graphique 29 a. Pour déterminer avec le plus de précision possible les coordonnées du point d'inflexion, on prolonge la partie de la courbe



29 b — Après transformation en coordonnées rectangulaires



GRAPHIQUE 29. -- Courbe force-allongement enregistrée à l'aide du microdynamomètre Schopper (schéma).

située au-delà de ce point d'inflexion jusqu'à sa rencontre en D avec l'axe OX des forces. De D, on trace alors une parallèle à l'axe OY des allongements qui coupe la courbe au point d'inflexion A.

Par suite, la longueur AE représente la force de traction subie par le fil au moment où il franchit le domaine d'élasticité pure tandis que la longueur AD traduit l'allongement correspondant.

Pour chaque courbe, les longueurs de AE et de AD ont été mesurées à un demi-millimètre près, en s'aidant de la loupe.

Enfin, à partir des valeurs trouvées, nous avons déterminé les charges en g, et les allongements correspondants en p. 100 de la longueur primitive.

Comme le montre le graphique 29 b, on peut transformer le dia-

gramme à coordonnées obliques en diagramme à coordonnées rectangulaires, si l'on désire avoir une courbe AOB du type classique.

Remarquons enfin qu'à défaut d'une lecture directe sur les deux règles graduées du dynamomètre SCHOPPER, il est possible d'obtenir la charge et l'allongement de rupture de chaque fibre à partir de la mesure des segments ON et OM qui les représentent.

Sur chacun des 3 600 échantillons prélevés nous avons calculé la moyenne des quatre essais réalisés à un même niveau d'une fibre, aussi bien en ce qui concerne la charge que l'allongement de rupture. Ensuite, les moyennes ont été faites par cocon, par type d'élevage, et par sexe.

Dans ces conditions, nous avons pu comparer les propriétés dynamométriques d'une même fibre soit en des points très voisins soit sur toute sa longueur. Enfin, l'analyse a porté sur les cocons d'un même lot et sur l'ensemble des lots de la race étudiée.

### III. — LES RÉSULTATS

#### A. — Variabilité en des points très voisins d'une même fibre.

Nous avons comparé dans le cocon, et à tous les niveaux de prélèvement (tous les 25 m) les quatre mesures faites. Celles-ci ont porté sur des sections de fil distantes de quelques centimètres.

Comme à propos des diamètres, nous avons ensuite dressé pour chaque caractère étudié les tableaux numériques et construit les graphiques correspondants.

Un premier groupe de 112 graphiques fait apparaître les écarts en valeur absolue entre ces quatre mesures.

Un second groupe de 112 graphiques donne la valeur relative des écarts en fonction de la mesure la plus faible.

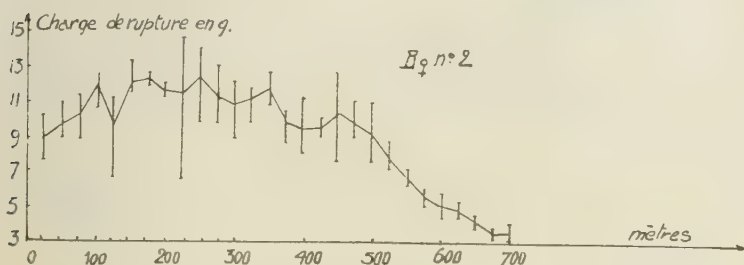
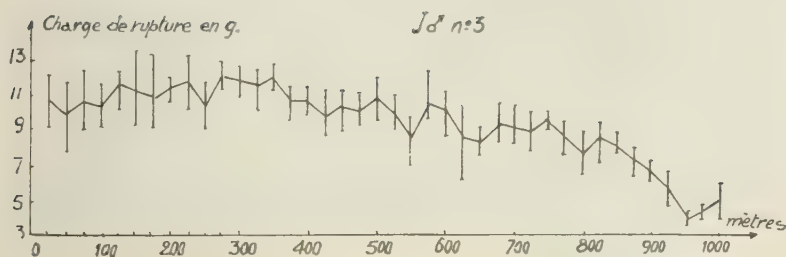
Voici quelques exemples :

	Graphiques du 1 <sup>er</sup> groupe	Graphiques du 2 <sup>e</sup> groupe
Charge de rupture .....	n° 30	n° 31
Allongement de rupture .....	n° 32	n° 33
Charge au point d'inflexion .....	n° 34	n° 35
Allongement au point d'inflexion .....	n° 36	n° 37

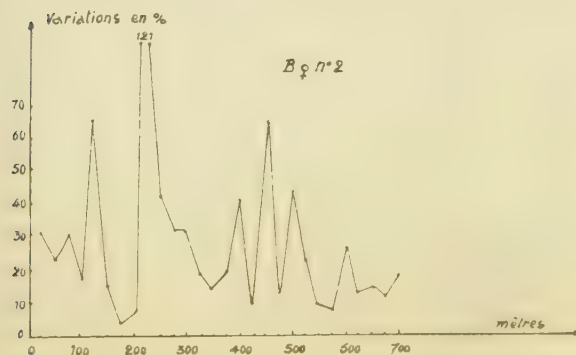
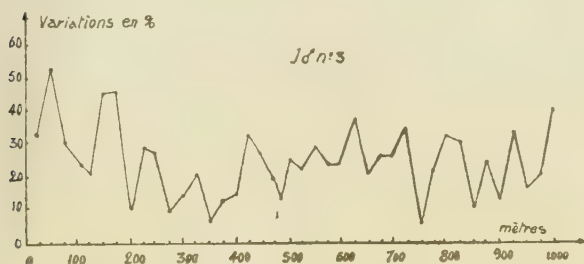
L'examen de tous ces graphiques permet des conclusions identiques à celles mises en relief à propos du diamètre (cf. chap. IV, p. 91).

A l'intérieur d'un cocon, les écarts à un même niveau varient, selon le caractère considéré, dans les limites suivantes :

	Éventail habituel %	Cas extrêmes %    %
Charge de rupture .....	20 à 40	6 et 100
Allongement de rupture .....	30 à 80	10 et 200
Charge au point d'inflexion .....	20 à 30	5 et 50
Allongement au point d'inflexion .....	40 à 100	25 et 200

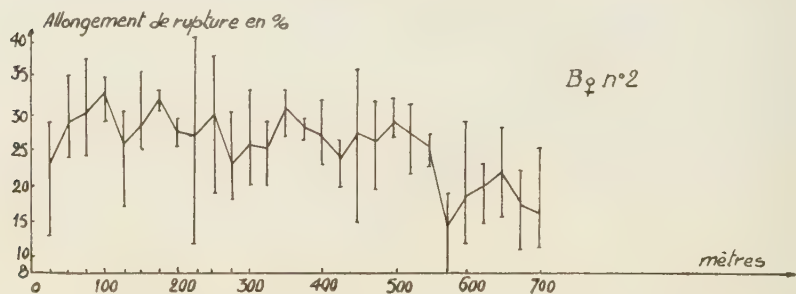
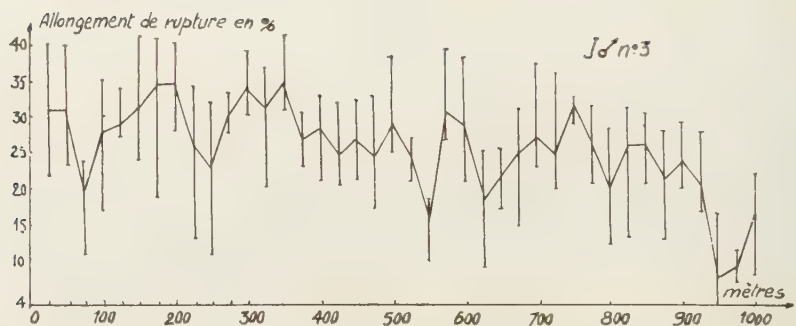


GRAPHIQUE 30. — Variabilité de la charge de rupture en des points très voisins.

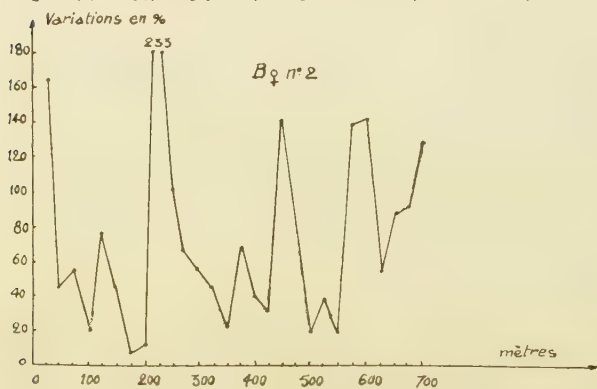
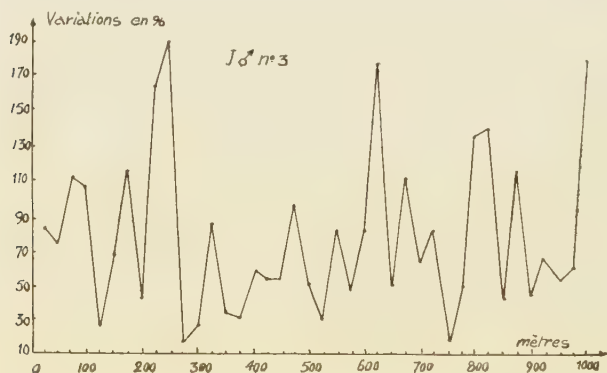


GRAPHIQUE 31. — Variabilité de la charge de rupture en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).

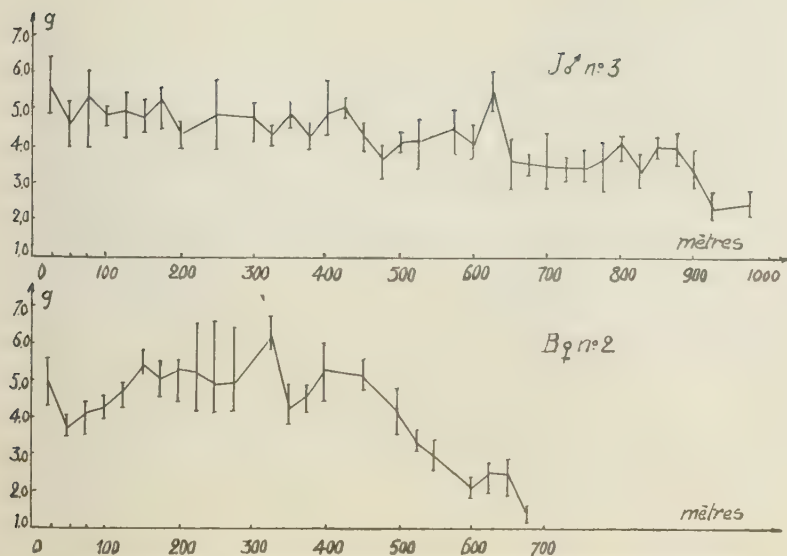




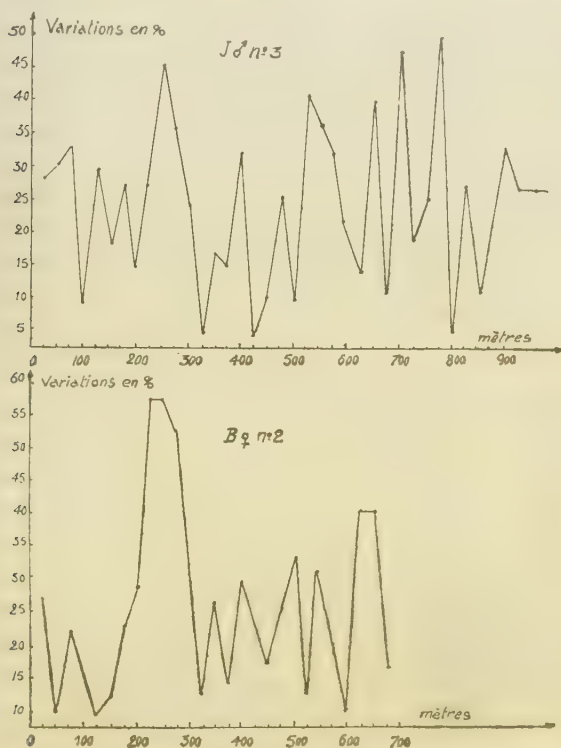
GRAPHIQUE 32. — Variabilité de l'allongement de rupture en des points très voisins.



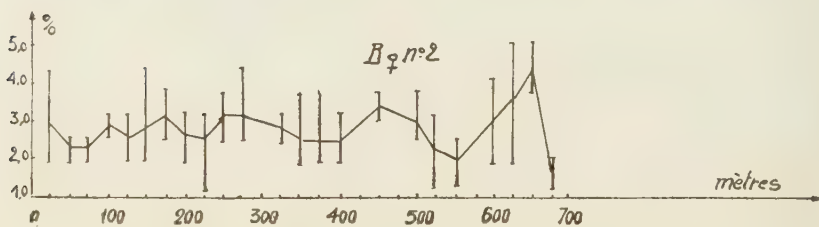
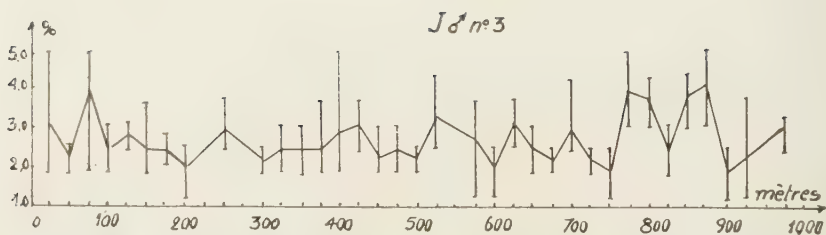
GRAPHIQUE 33. — Variabilité de l'allongement de rupture en des points très voisins  
(en p. 100 de la valeur la plus faible).



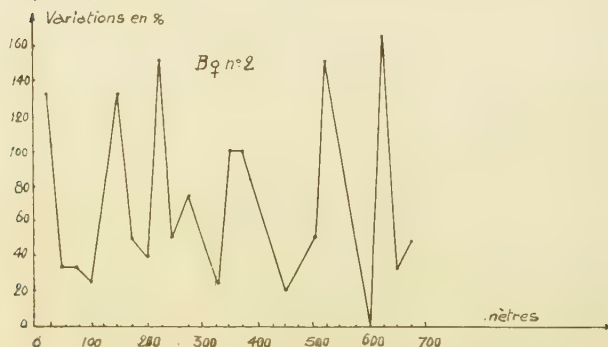
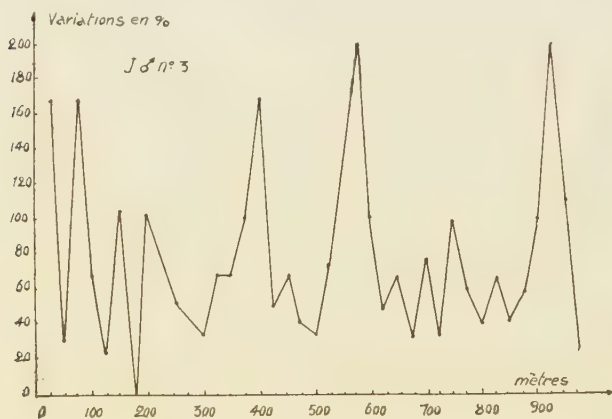
GRAPHIQUE 34. — Variabilité de la charge au point d'inflexion en des points très voisins.



GRAPHIQUE 35. — Variabilité de la charge au point d'inflexion en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).



GRAPHIQUE 36. — Variabilité de l'allongement au point d'inflexion en des points très voisins.



GRAPHIQUE 37. — Variabilité de l'allongement au point d'inflexion en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).

Entre cocons d'un même lot, les moyennes de ces écarts sont assez proches et voisines de 25 p. 100.

### B. — Variations le long d'une même bave.

Comme dans le cas des diamètres ou des titres, nous avons représenté graphiquement les variations des quatre caractères étudiés, tout le long de chaque fibre. Nous avons obtenu de cette manière quatre séries de 112 courbes le plus souvent à partir des données expérimentales elles-mêmes, mais quelquefois en utilisant les valeurs obtenues après réduction des données.

Par analogie avec les diamètres, nous avons considéré que la valeur qui représentait le mieux le caractère étudié sur chaque flotillon de 25 m était exprimée par la moyenne des huit mesures faites aux deux extrémités de ce flotillon.

La forme des courbes nous autorise à étudier d'abord les trois premiers caractères réunis, ensuite, le quatrième pris séparément.

#### 1° Caractères dont la valeur est fonction de la position le long du fil.

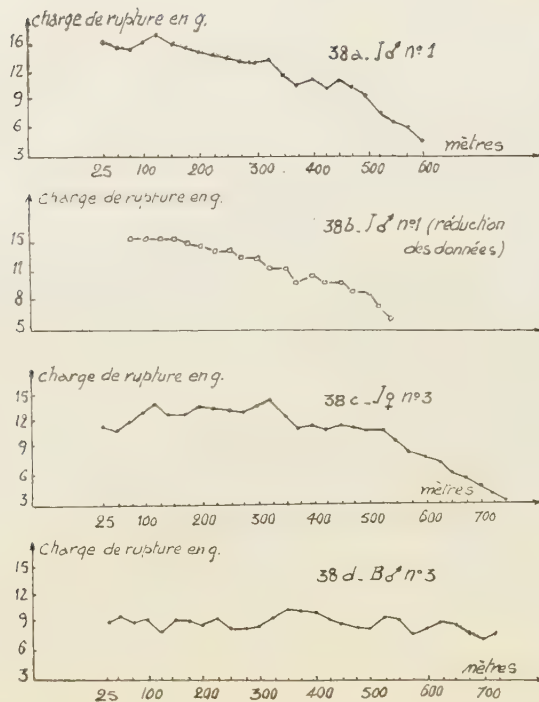
Toutes les courbes représentant soit la charge de rupture soit la charge au point d'inflexion soit l'allongement de rupture tendent à s'abaisser d'une manière plus ou moins régulière sur la plus grande partie de leur trajet. On peut rencontrer cependant une courte ascension initiale ou une chute finale assez brusque.

La similitude des courbes des deux premiers caractères avec celles des diamètres ou des titres permet même une classification en quatre groupes principaux, basée sur les critères déjà précisés (cf. chap. IV, p. 9, et graph. 22). La répartition a été approximativement la suivante : 50 p. 100 dans le premier groupe, 25 p. 100 dans le deuxième, 20 p. 100 dans le troisième et 5 p. 100 dans le quatrième.

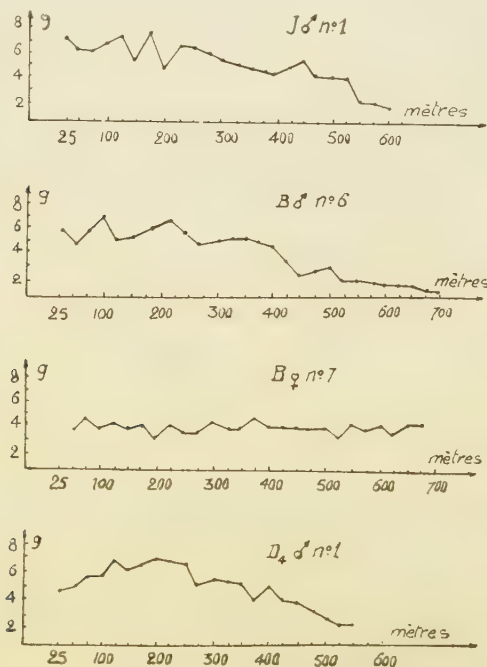
On peut par exemple se reporter aux graphiques suivants :

	Charge de rupture	Charge au point d'inflexion
1 <sup>er</sup> groupe .....	n° 38 a et 38 b	n° 39 a
2 <sup>e</sup> groupe.....	n° 38 c	n° 39 b
3 <sup>e</sup> groupe.....	n° 38 d	n° 39 c
4 <sup>e</sup> groupe.....		n° 39 d

Les silhouettes des courbes de l'allongement de rupture sont assez comparables aux autres. Toutefois, les variations à tous les niveaux sont beaucoup plus accentuées, de sorte qu'on remarque sur les graphiques des lignes brisées formées de nombreuses crêtes alternant avec des dépressions, mais l'ensemble tend toutefois à décroître légèrement du début à la fin (cf. par exemple graph. 40).

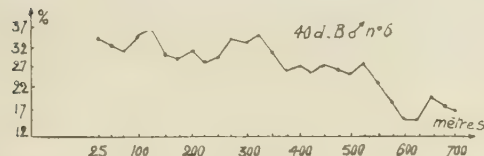
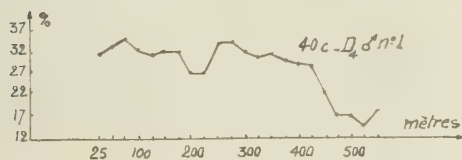
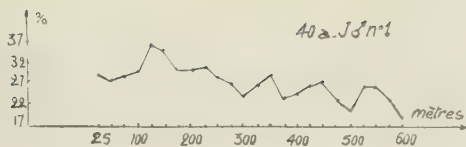


GRAPHIQUE 38. — Variations de la charge de rupture le long du fil (ordonnées logarithmiques).

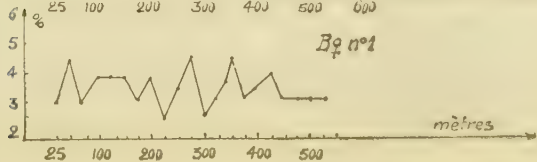
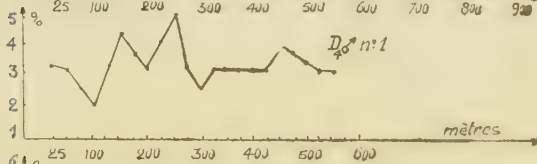
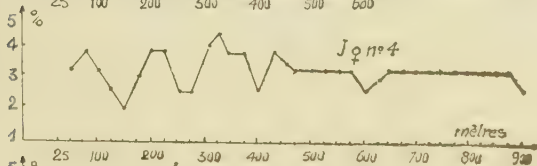
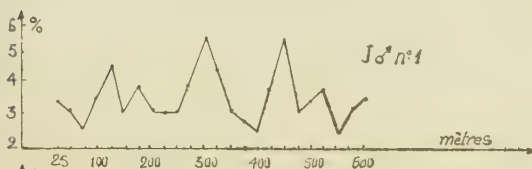


GRAPHIQUE 39. — Variations de la charge au point d'inflexion le long du fil. (Ordonnées logarithmiques.)





GRAPHIQUE 40. — Variations de l'allongement de rupture le long du fil.  
(Ordonnées logarithmiques.)



GRAPHIQUE 41. — Variations de l'allongement au point d'inflexion, le long du fil  
(en p. 100 de la longueur primitive). (Ordonnées logarithmiques.)

En résumé, la charge de rupture et la charge au point d'inflexion s'abaissent d'une manière presque continue du début à la fin de la fibre. Il y a bien quelquefois une ascension initiale, mais le maximum est toujours atteint très rapidement. En fin de filature, la chute peut être assez brusque.

L'allongement de rupture diminue généralement aussi lorsqu'on passe des couches externes aux couches internes du cocon. Mais cette diminution, plus faible et moins régulière, se trouve davantage masquée par les *importantes oscillations aléatoires* qu'on rencontre à tous les niveaux.

Le long d'une même fibre les variations de ces trois caractères sont *très marquées*. La valeur maximum se rencontre le plus souvent dans le premier quart de la bave. Le minimum au contraire correspond toujours à la fin de la fibre.

Les valeurs trouvées diffèrent de cocon à cocon et selon le régime alimentaire. Cependant elles se situent en général dans les intervalles suivants :

	maximum —	moyenne ---	minimum —
Charge de rupture.....	14 à 15 g (record individuel = 16 g)	9 à 11 g	3 à 6 g (record individuel = 2 g)
Allongement de rupture.....	34 à 37 % (record individuel = 40 %)	25 à 28 %	11 à 14 % (record individuel = 7 %)
Charge au point d'inflexion ..	5,5 à 7,0 g (record individuel = 8,6 g)	4,2 à 4,6 g	1,8 à 2,2 g (record individuel = 1 g)

## 2° Caractère dont la valeur est indépendante de la position le long du fil.

Les graphiques représentant l'allongement au yield point en fonction de la longueur primitive montrent une *grande variabilité* de ce caractère d'une portion de fil à une autre, sans qu'il soit possible de faire apparaître une *modification systématique* en relation avec la position le long du fil. La place des maxima et des minima est d'ailleurs fort différente selon les cocons examinés. Cependant, dans l'ensemble, les points se situent de part et d'autre de l'horizontale (exemple graph. 41).

Le plus souvent les valeurs maxima oscillent entre 3,7 et 4,4 p. 100 de la longueur primitive, les valeurs moyennes entre 2,7 et 3,2 p. 100, les valeurs minima entre 1,6 et 1,8 p. 100.

Dans certains cocons, les maxima dépassent 5 p. 100 tandis que dans d'autres les minima s'abaissent vers 1 p. 100.

Parmi les quatre caractères dynamométriques étudiés nous venons de voir que les trois premiers varient systématiquement le long du fil. Dans ces conditions, nous avons recherché d'autres caractères propres à la fibre, mais plus constants.

Comme la variation est occasionnée principalement par l'irrégularité du titre de la fibre, il convenait d'analyser les propriétés dynamo-

métriques par unité de section, aussi bien au niveau de la rupture qu'à celui du point d'inflexion.

Au moment de la rupture nous avons étudié la ténacité de rupture.

Au niveau du point d'inflexion nous avons défini une *ténacité spécifique* et caractérisé 4 coefficients : le coefficient de *charge utile*, le coefficient d'*allongement utile*, le coefficient d'*allongement élastique* et le coefficient d'*allongement élastique spécifique*.

### 3° La ténacité de rupture.

La ténacité de rupture a été calculée en formant le rapport de la charge de rupture par le titre en denier.

Nous remarquons d'abord que si le nombre exprimant le titre d'un échantillon de 25 m représente la moyenne des titres de chacun de ses points, celui qui mesure sa charge de rupture ne peut être qu'approximatif, car il ne correspond qu'à 8 mesures faites sur une longueur de fil de  $2 \times 8 = 16$  cm, prélevés aux deux extrémités de cet échantillon. Toutefois, les résultats peuvent être considérés comme valables et comparables entre eux à cause du très grand nombre d'échantillons expérimentés.

Nous n'avons pas pu comparer la ténacité de rupture en des points très voisins par le fait que, dès le premier stade expérimental, les titres élémentaires correspondaient déjà à des échantillons de 25 m. Par contre nous avons évalué la variabilité de cette ténacité tous les 25 m, le long de chaque bave, et nous avons représenté graphiquement les variations de 112 fibres étudiées.

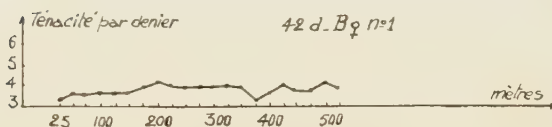
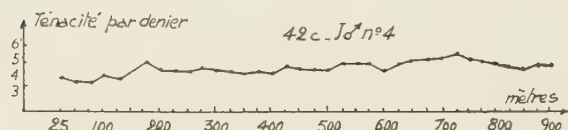
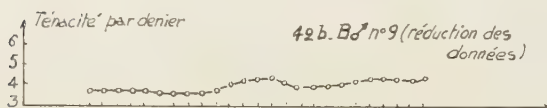
Les courbes de chacun de ces 112 graphiques s'éloignent en général très peu de l'horizontale (cf. graph. 42).

Ceci nous montre que la ténacité de rupture le long de la fibre est un caractère beaucoup plus constant que le titre ou que la charge de rupture.

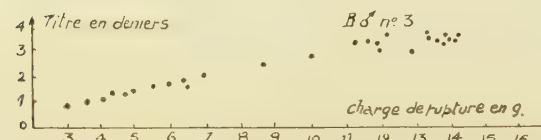
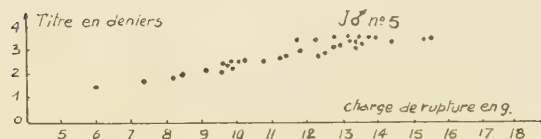
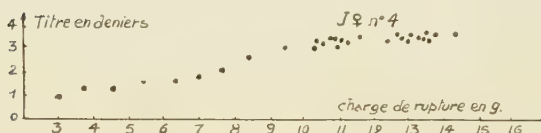
Mlle BOSSUYT dans son étude sur la fibre de lin note aussi que si la charge de rupture varie dans de larges limites, la ténacité au contraire présente une valeur assez constante, indépendante de la longueur de cette fibre.

De même, MAZINGUE (1956), dans une récente note sur la fibre de laine conclut lui aussi que la ténacité semble pratiquement identique tout le long de la fibre.

Cependant, la plupart de nos courbes sont légèrement ascendantes sur la plus grande partie de leur trajet, ce qui semble indiquer, préalablement à toute étude biométrique, que la ténacité varie *en sens inverse* du titre ou de la charge de rupture. Nous savons en effet que les courbes individuelles de ces deux derniers caractères sont en général descendantes.



GRAPHIQUE 42. — Variations de la ténacité de rupture le long du fil.  
(Ordonnées logarithmiques.)



GRAPHIQUE 42 bis. — Variations de la charge de rupture d'une fibre de soie en fonction de son titre.

Ces résultats seront interprétés lors de l'étude des corrélations entre les divers caractères biométriques de la fibre ; mais il paraît déjà évident que la charge de rupture *décroît* le long du fil *moins rapidement* que le titre.

Il en résulte que la ténacité d'une fibre de faible épaisseur est *légèrement supérieure* à celle d'une fibre plus grosse. C'est la raison pour laquelle les fibres constituant les couches internes du cocon sont plus tenaces que celles formant les couches moyennes ou externes <sup>(1)</sup>.

Ces conclusions sont d'ailleurs communes aux fils de toute nature : les plus minces sont toujours les plus tenaces. Cependant, il n'est pas impossible qu'une ténacité plus forte en fin de filature puisse également s'expliquer par une modification physico-chimique du liquide soyeux (changements dans le degré d'hydratation ou dans celui de l'orientation moléculaire par exemple).

Nos résultats ne sont donc pas complètement en accord avec ceux de SHEELE (1940), lequel affirme qu'il y a une dépendance linéaire entre le titre et la charge de rupture, de sorte qu'il représente la ténacité de rupture ou la longueur de rupture <sup>(2)</sup> comme une constante caractéristique d'une fibre de soie.

Une étude plus précise de la ténacité de rupture, faite en analysant les variations de la charge de rupture en fonction du titre à l'intérieur d'un cocon (cf. graph. 42 *bis*), semble montrer que chez les fibres les plus minces la ténacité de rupture est relativement constante, tandis qu'elle paraît augmenter pour les titres les plus forts.

En fait, nous constatons que dans les portions du fil les plus épaisses la variabilité des charges de rupture est élevée. Pour expliquer ces résultats, nous rappellerons d'abord que la valeur retenue pour représenter le titre de chaque flotillon de 25 m est la moyenne des titres de *tous ses points*, tandis que la valeur exprimant la charge de rupture correspondante n'exprime que la moyenne des mesures des 8 points les plus faibles situés aux extrémités de ce flotillon.

La variabilité relativement élevée des charges de rupture des points faibles laisse supposer que les diamètres de ces points faibles sont également bien différents, c'est-à-dire que les étranglements à leur niveau sont plus ou moins prononcés et représentent une réduction plus ou moins marquée du diamètre moyen. En conséquence, les valeurs retenues pour les titres et les charges de rupture d'un même échantillon *ne sont pas*

(1) En comparant les résultats de M<sup>lle</sup> BOSSUYT et de MAZINGUE aux nôtres, il ne faut pas oublier que ces deux auteurs ont étudié des fibres courtes d'une longueur de quelques centimètres. Il est donc normal que la variabilité de la ténacité, quoique faible dans tous les cas, soit tout de même plus importante dans les baves de soie, lesquelles mesurent plusieurs centaines de mètres.

(2) La longueur de rupture représente la longueur en km d'une fibre dont le poids correspond à la charge de rupture. Pour l'obtenir, on multiplie la ténacité de rupture par 4 000. Si l'on prendait 3,6 comme valeur moyenne de cette ténacité, la longueur de rupture des fibres de soie serait de l'ordre de :  $3,6 \times 9\,000 = 32,4$  km.



homologues ; il est par suite bien difficile d'analyser avec précision les variations des propriétés dynamométriques le long du fil, et en particulier de déduire les variations de la ténacité de rupture des variations correspondantes de la charge de rupture et du titre. Nous devons toutefois nous contenter des résultats obtenus car il est pratiquement impossible de modifier la technique expérimentale, en vue de représenter par une valeur plus sûre la moyenne des charges de rupture de chaque point du fil.

Comme dans les parties les plus minces d'une fibre il semble y avoir une relation linéaire entre les charges de rupture et les titres (cf. graph. 42 bis), il est probable que dans ces portions les diamètres des points faibles ont une variabilité beaucoup plus réduite, c'est-à-dire sont davantage en relation avec le diamètre moyen ou le titre moyen.

On peut penser que s'il était possible de mesurer le titre ou le diamètre au niveau des points de rupture, la relation linéaire entre le titre et la charge de rupture serait beaucoup plus apparente, particulièrement si on opérât avec des éprouvettes préalablement décreusées.

Les valeurs maxima de la charge de rupture se rencontrent donc souvent vers l'extrémité de la fibre tandis que les minima sont plus fréquents dans les couches externes de la coque.

Voici les chiffres limites, compte tenu des variations provoquées par le régime alimentaire et par le sexe.

Maxima : 3,7 à 4,2 g ;

Moyennes : 3, 4 à 3,7 g ;

Minima : 3,1 à 3,4 g.

SHEELER a également étudié l'influence de la race de *Bombyx mori* sur les variations de la ténacité. Comme il obtient des valeurs très voisines il déduit que la ténacité d'une fibre se montre indépendante des facteurs génétiques. D'après lui, elle est seulement en relation avec l'orientation moléculaire, laquelle serait assez uniforme dans les soies de toutes les variétés de *Bombyx mori*.

#### 4° Le coefficient de charge utile.

Dans la pratique, les charges supportées par les fibres doivent toujours rester inférieures à la charge au yield point afin de ne pas provoquer un étirement irréversible des fils.

Il est donc très important de connaître à quel pourcentage de la charge de rupture correspond la charge au point d'inflexion. Pour cela nous avons défini un coefficient de charge utile caractéristique d'une fibre.

Le coefficient de charge utile établit la relation entre la charge de rupture et la charge au yield point. Cette relation sera étudiée biométriquement dans un chapitre ultérieur. Pour l'instant, nous avons représenté

graphiquement la variation d'un de ces caractères en fonction de l'autre.

Les résultats, exprimés par exemple dans le graphique 43 nous montrent que, d'une part les valeurs trouvées sont *indépendantes* de la position du point considéré le long du fil, d'autre part que la variabilité *est bien plus faible* que celle des deux premiers caractères. Voici à titre d'exemple les valeurs du coefficient de variabilité ( $s_x$ ) se rapportant à deux cocons pris au hasard.

	Charge de rupture (A)	Charge au point d'inflexion (B)	Coefficient de charge utile A/B
J ♂ n° 1.....	32,8 %	33,4 %	15,0 %
J ♂ n° 3.....	23,3 %	23,8 %	18,6 %

En définitive, l'ensemble des points de la courbe d'une même fibre se situe de part et d'autre d'une ligne horizontale ce qui prouve la *constance relative* du coefficient de charge utile.

Après avoir calculé les moyennes de chaque cocon et de chaque lot (cf. tabl. XXXII, p. 185) les résultats trouvés nous montrent que la charge au point d'inflexion représente environ 40 à 45 p. 100 de la charge de rupture. Quelques rares valeurs peuvent s'élever jusqu'à 60-65 p. 100, tandis que certains minima se situent autour de 30-35 p. 100.

Si la charge au point d'inflexion est exprimée par unité de titre, nous obtenons alors la ténacité au yield point que nous appelons *ténacité utile* ou *ténacité spécifique de la fibre*.

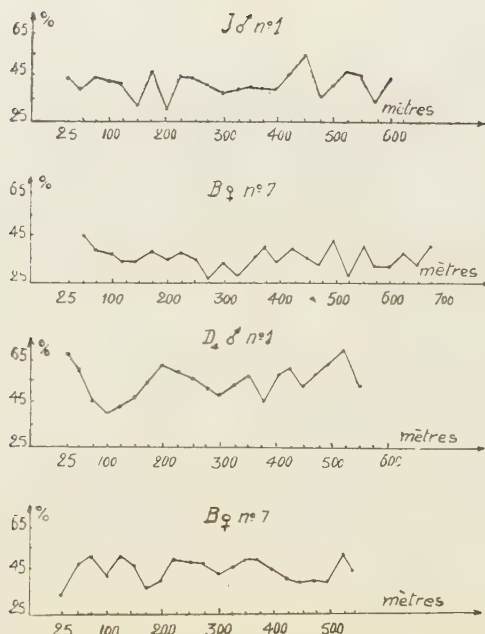
### 5° La ténacité spécifique.

Pour connaître la ténacité spécifique des fibres, nous avons calculé sur chaque flotillon de 25 m le rapport de la charge en grammes par le titre en deniers, les mesures des charges étant faites au niveau du point d'inflexion. De cette manière, nous avons construit des graphiques identiques à ceux du n° 44.

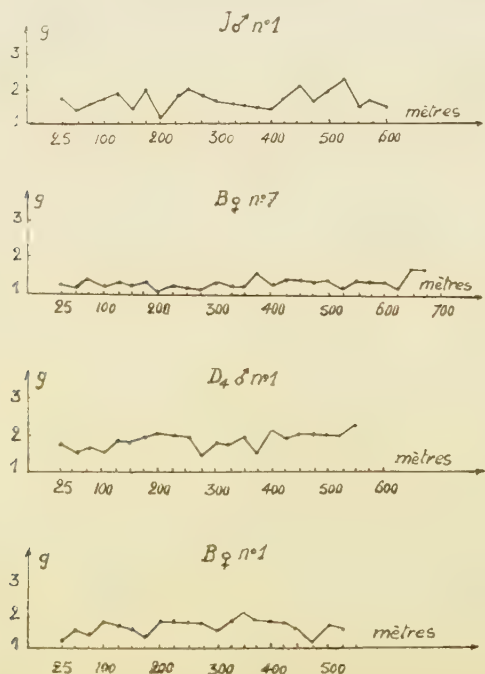
Les courbes, dans leur ensemble, ont une tendance à l'horizontale, ce qui montre que la ténacité spécifique *est assez constante* tout le long du fil. Les coefficients de variabilité calculés sur quelques cocons confirment d'ailleurs cette conclusion.

Sur l'ensemble d'une fibre, on obtient des valeurs moyennes comprises entre 1,4 et 1,7 g par denier, avec un record individuel de 2 g comme maximum et un autre de 1,3 g comme minimum.

Ces chiffres montrent que la ténacité spécifique est légèrement inférieure à la moitié de la ténacité de rupture.



GRAPHIQUE 43. — Variations du coefficient de charge utile le long de la fibre de soie (Ordonnées logarithmiques.)

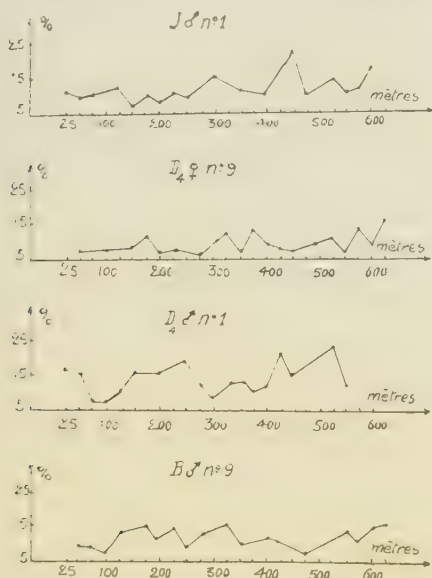


GRAPHIQUE 44. — Variations de la ténacité spécifique le long de la fibre de soie, en p. 100 de la charge de rupture. (Ordonnées logarithmiques.)

### 6° Le coefficient d'allongement utile.

Par analogie avec le coefficient de charge utile, le coefficient d'allongement utile établit la relation entre l'allongement au point d'inflexion et l'allongement de rupture ; en d'autres termes, il exprime la limite de l'allongement élastique en p. 100 de l'allongement de rupture.

L'examen des courbes individuelles telles que le n° 45, nous montre que la variabilité du coefficient d'allongement utile est plus faible que la variabilité de l'allongement exprimé en p. 100 de la longueur primi-



GRAPHIQUE 45. — Variations du coefficient d'allongement utile le long de la fibre de soie, en p. 100 de l'allongement de rupture. (Ordonnées logarithmiques.)

tive. D'autre part, la direction presque horizontale de ces courbes fait apparaître une *constance relative* de ce coefficient le long du fil. On note cependant une *légère tendance* à l'accroissement du début à la fin du fil. Cette faible variabilité systématique s'explique si on considère que ce coefficient est le quotient de deux grandeurs dont l'une, l'allongement au point d'inflexion, est relativement fixe, tandis que l'autre, l'allongement de rupture, s'abaisse légèrement le long de la fibre.

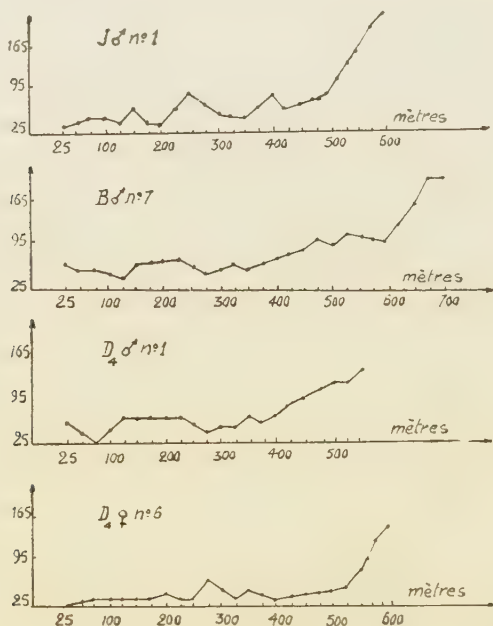
Le coefficient d'allongement utile représente en moyenne de 9 à 11 p. 100 de l'allongement de rupture. Le maximum le plus élevé a atteint 13 p. 100 ; la performance dans les minima fut de 7 p. 100.

La déformation permanente de la fibre se produit donc lorsque

l'allongement équivaut au dixième de l'allongement de rupture. A ce moment, nous savons que la charge correspondante est environ la moitié de la charge de rupture. La fibre de soie manifeste donc une nette tendance à *résister* aux déformations provoquées par des forces de traction inférieures à la moitié de la charge de rupture.

### 7° Le coefficient d'allongement élastique.

Connaissant les coordonnées du point d'inflexion de la courbe « force-allongement » d'une fibre de soie, nous avons calculé la pente de la partie



GRAPHIQUE 46. — Variations du coefficient d'allongement élastique le long de la fibre de soie. (Ordonnées logarithmiques.)

initiale quasi rectiligne de cette courbe, laquelle est proportionnelle au rapport suivant :

Allongement en millimètres/charge en grammes.

Etant donné qu'à l'intérieur de cette partie initiale, la loi de HOOKE peut être considérée comme valable, nous appelons ce rapport le *coefficient d'allongement élastique*.

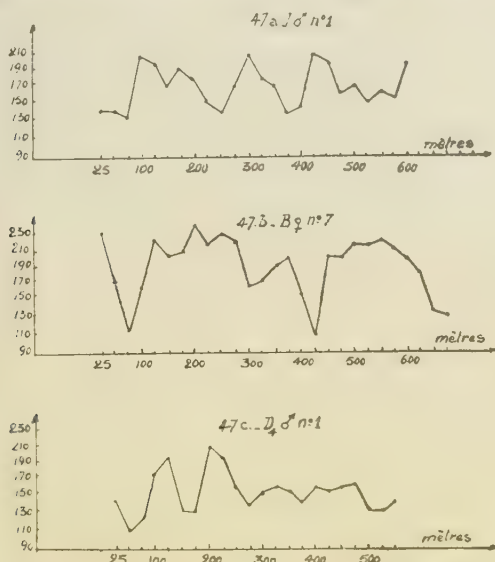
Les graphiques individuels, tel que le n° 46, nous montrent que ce coefficient *s'élève du début à l'extrémité d'une fibre*, d'abord régulièrement sur la plus grande partie du trajet, ensuite plus rapidement au niveau des couches les plus internes du cocon. Pour interpréter ce résultat, nous

rappelons simplement qu'au niveau du point d'inflexion l'allongement est pratiquement indépendant de la position le long du fil, tandis que la charge diminue systématiquement des couches externes aux couches internes du cocon.

En résumé, le coefficient d'allongement élastique varie en *sens inverse* de la *grosseur du fil*.

### 8° Le coefficient d'allongement élastique spécifique.

Nous remarquons que le coefficient d'allongement élastique varie en sens inverse de l'épaisseur de la fibre. Il est donc vraisemblable que



GRAPHIQUE 47. — Variations du coefficient d'allongement élastique spécifique le long de la fibre de soie.

si on fait le produit de ce coefficient par le titre, les valeurs obtenues pour les différents points d'un même fil soient assez voisines. Les calculs ont d'ailleurs confirmé nos prévisions.

Nous appellerons le nouveau coefficient ainsi obtenu le *coefficient d'allongement élastique spécifique*, car il représente en fait l'allongement d'un fil de titre égal à l'unité lorsqu'il est soumis à une force de traction de 1 g.

L'examen des courbes individuelles (cf. par exemple graph. 47) fait apparaître un groupement des valeurs autour d'une moyenne, ce qui montre que ce coefficient ne varie pas systématiquement le long d'une



même bave comme le titre ou le coefficient d'allongement élastique. Il présente, il est vrai, une certaine variabilité, mais nous pensons qu'elle est imputable dans une grande mesure d'abord à l'hétérogénéité de la fibre grège, laquelle contient une proportion variable de fibroïne et de séricine, ensuite et surtout à l'erreur commise pendant la mesure des coordonnées du point d'inflexion.

### C. — Influence du régime alimentaire et du sexe de la larve.

Le type d'alimentation *ne paraît pas avoir* d'influence notable sur l'évolution générale des propriétés dynamométriques à l'intérieur d'un même cocon. Analysons donc son action entre fibres de cocons et de lots différents.

Nous savons déjà que la grosseur des fibres de soie est en partie sous la dépendance du régime alimentaire et du sexe. En particulier, lorsque les feuilles de murier mangées par les vers à soie approchent de leur maturité, les baves formées sont plus fines. Au point de vue sexuel les fils émis par les femelles sont légèrement plus gros.

Il en résulte que tous les caractères de la fibre qui varient dans le même sens que le diamètre et le titre subiront des modifications comparables à ces derniers. L'étude expérimentale nous prouve en effet que les fibres provenant d'élevages retardés par comparaison avec celles issues d'élevages précoces présentent une charge de rupture et une charge au point d'inflexion *plus faibles* (cf. graph. 48a et 49a).

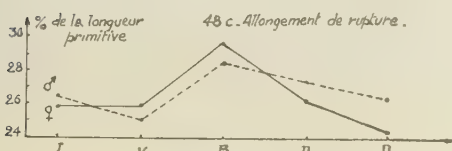
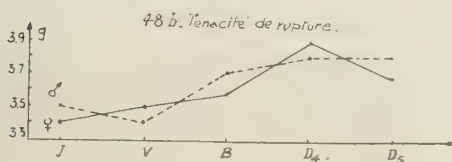
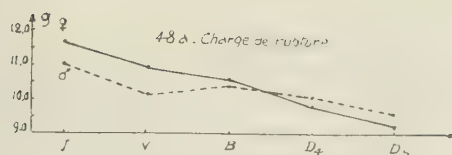
Comme l'allongement de rupture est beaucoup moins sensible que ces dernières aux variations du titre, les actions d'ordre alimentaire ne se sont pas traduites dans nos expériences par des différences appréciables.

Des élevages de printemps à ceux d'automne la charge de rupture s'abaisse de 11,0 à 9,7 g chez les mâles et de 11,7 à 9,2 g chez les femelles (cf. graph. 48 a, tableau XXX, p. 183. Par suite, les écarts extrêmes entre les moyennes observées sont de 13,4 p. 100 chez les mâles contre 27,1 p. 100 chez les femelles.

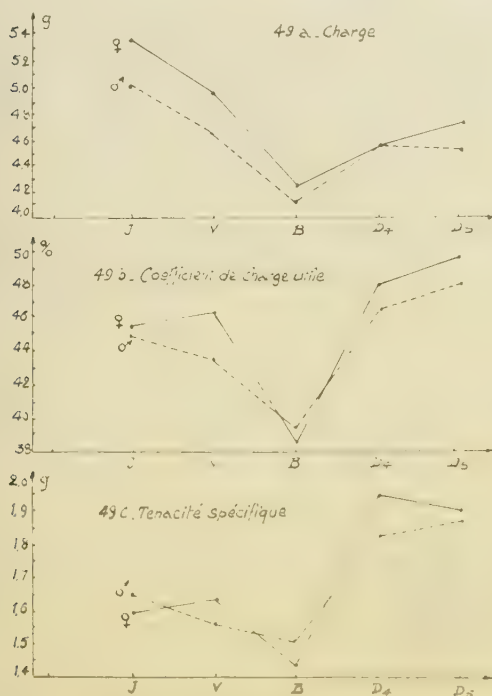
En ce qui concerne la charge au point d'inflexion, le graphique 49 a ou le tableau XXXII, p. 185, nous montrent que dans les mêmes conditions, sa valeur s'abaisse de 5,0 à 4,5 g chez les mâles et de 5,4 à 4,5 chez les femelles. Nous trouvons des écarts extrêmes de 11,1 p. 100 chez les mâles contre 20,0 p. 100 chez les femelles.

Pour la même raison nous notons le plus souvent, au sujet de la charge de rupture ou de la charge au yield point, une différence entre les moyennes des deux sexes, avec *avantage chez les femelles*.

L'allongement au yield point s'étant révélé pratiquement indépendant du titre du fil, *il n'a pas subi* la répercussion du régime alimentaire ou du sexe (cf. tabl. XXXII, p. 185).



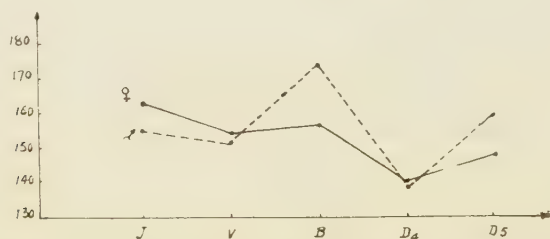
GRAPHIQUE 48. — Variations des propriétés dynamométriques des fibres de soie en fonction du régime alimentaire de la larve (moyennes).



GRAPHIQUE 49. — Variations de la charge au point d'inflexion des fibres de soie en fonction du régime alimentaire de la larve (moyennes).

La ténacité spécifique, la ténacité de rupture et le coefficient de charge utile sont déterminés chacun par le rapport de deux grandeurs qui diminuent l'une et l'autre en même temps que le titre.

Comme les valeurs des deux premiers caractères s'élèvent légèrement du début à l'extrémité d'une fibre, nous déduisons que les variations systématiques du titre dans le cocon sont relativement plus importantes que celles de la charge au yield point ou de la charge de rupture. Dans ces conditions, les résultats expérimentaux ayant pour origine des facteurs d'ordre alimentaire ou sexuel sont en accord avec ceux obtenus le long d'un même fil. On remarque en effet, que la ténacité spécifique et la ténacité de rupture *s'élèvent légèrement* lorsque les vers à soie s'alimentent avec des feuilles de mûrier de plus en plus âgées, la réduction du titre étant toujours supérieure à la diminution des charges (cf. graph. 48*b* et 49*c*, tabl. XXX, p. 183 et XXXII, p. 185).



GRAPHIQUE 50. — Variations du coefficient d'allongement élastique spécifique en fonction du régime alimentaire de la larve (moyennes).

Graphiques et tableaux nous montrent qu'en allant du printemps vers l'automne, la ténacité de rupture s'élève de 3,52 à 3,86 g chez les mâles et de 3,35 à 3,93 g chez les femelles. Les écarts entre les moyennes des élevages extrêmes sont de 9,6 p. 100 chez les mâles contre 17,3 p. 100 chez les femelles.

Contrairement aux deux caractères étudiés précédemment, le coefficient de charge utile est pratiquement constant dans un même cocon, ce qui établit que la charge au point d'inflexion et la charge de rupture varient dans les mêmes proportions. Il est donc normal que l'alimentation ou le sexe ne *modifient pas sensiblement* ce coefficient (cf. graph. 49*b* et tabl. XXXII, p. 185).

Enfin, dans les élevages retardés le coefficient d'allongement élastique de la fibre est *plus élevé* que dans les élevages de printemps (cf. tabl. XXXII, p. 185) ; d'autre part, les comparaisons entre sexes sont à l'*avantage des mâles*.

Ces résultats sont conformes aux prévisions, car le coefficient d'allongement élastique varie en sens inverse de la grosseur du fil.

Comme le coefficient d'allongement élastique est en corrélation négative avec le titre, le coefficient d'allongement élastique spécifique, qui résulte du produit de ces deux grandeurs, ne devrait pas subir de modifications systématiques en fonction du régime alimentaire. Les résultats, consignés dans le graphique 50 semblent bien montrer une constance relative de ce coefficient, quoique chez les femelles des élevages retardés il s'abaisse légèrement.

Une analyse de la régression de l'âge des feuilles de mûrier sur le coefficient d'allongement élastique spécifique confirme cette conclusion, car elle ne met en évidence aucune corrélation significative entre ces deux variables.

Ce coefficient qui, d'une part dépend peu de l'épaisseur du fil ou des conditions d'alimentation de la larve, d'autre part est moins influencé par les points faibles que le coefficient de charge utile, ou la ténacité de rupture, représenterait une *constante d'élasticité du fil* en relation avec la constitution physique et la composition chimique de la fibroïne.

#### IV. — CONCLUSIONS

Au cours de ce chapitre, nous avons précisé les faits suivants :

1° La charge de rupture et la charge au point d'inflexion d'une part, l'allongement de rupture et l'allongement au point d'inflexion d'autre part, sont des caractères qui présentent une grande variabilité d'un point de la fibre à un autre, même voisin.

2° Tous ces caractères ont des valeurs qui diminuent en général d'une manière plus ou moins régulière, du début à l'extrémité du fil. Il y a bien quelquefois une ascension initiale, mais le maximum est toujours atteint très rapidement. Vers la fin du fil, la chute peut être plus marquée.

Ces variations systématiques sont beaucoup plus apparentes dans le cas des charges que dans celui des allongements.

3° Variations aléatoires et variations systématiques s'expliquent surtout par des modifications locales et générales de l'épaisseur du fil : les charges supportées par chaque point de ce fil, aussi bien au niveau du point d'inflexion qu'à celui de la rupture, varient dans le même sens que le titre ; c'est moins net pour les allongements correspondants. Ces derniers dépendraient aussi de l'importance relative des régions cristallines et amorphes constituant la fibroïne (MURASE, 1952) : pour une épaisseur déterminée de la bave, l'allongement serait d'autant plus élevé que la partie amorphe est plus étendue et la zone cristalline formée de particules plus fines.

4° L'alimentation ou le sexe ont en général une influence appréciable sur les propriétés dynamométriques, mais cette influence n'est que la conséquence des modifications subies par l'épaisseur de la fibre.

5° Les propriétés dynamométriques classiques d'une fibre étant essentiellement variables, nous avons défini, pour caractériser cette fibre, d'autres valeurs plus stables telles que le coefficient de charge utile ou d'allongement utile, la ténacité spécifique ou de rupture, le coefficient d'allongement élastique spécifique. Leur constance relative provient du fait qu'elles résultent soit du rapport de deux grandeurs variant ensemble, toujours dans le même sens, soit du produit de deux autres grandeurs qui sont en corrélation négative.

## CHAPITRE VII

### FIBROÏNE ET SÉRICINE DANS LA FIBRE DE SOIE

#### I. — INTRODUCTION ET TECHNIQUE DE TRAVAIL

Nous savons que la bave qui sort de la filière du ver à soie est formée par la réunion de deux filaments dont chacun est constitué par un cylindre de fibroïne entouré d'une gaine de sérécine ou grès.

Sérécine et fibroïne sont les deux substances essentielles constitutives de la soie. Les nombreuses études concernant leur nature chimique ont été judicieusement analysées dans la thèse d'ALLEGRET (1956), lequel fait ressortir leurs différences fondamentales : la fibroïne est très riche en glycoïcole, alanine et tyrosine ; la sérécine contient une importante proportion de sérécine, d'arginine, et de tryptophane ; ce dernier est absent dans la fibroïne.

Tous ces protides se forment au sein du cytoplasme, sans avoir pour origine un organe déterminé. Le noyau paraît toutefois participer indirectement à cette élaboration : LÉSPERON (1937), BRADFIELD (1951).

Il résulte des travaux de UMEYA (1926), MACHIDA (1927) et LÉSPERON (1937) que la synthèse de ces deux substances se fait dans deux régions distinctes des glandes sérécigènes : le cylindre de fibroïne est formé dans la zone sérécitrice ou tube producteur, tandis que l'enveloppe de sérécine est sérécitée par le réservoir.

L'examen microscopique des fibres extraites des différentes couches d'un même cocon nous montre que les proportions relatives de ces deux principaux constituants de la soie sont loin d'être constantes le long du fil.

En effet, la couche de grès n'est pas uniforme, même si l'on considère deux points très voisins, car on observe fréquemment des épaisissements ou des amincissements (cf. fig. 6b).

Ces variations dans l'enveloppe de sérécine sont une des causes essentielles qui expliquent la grande variabilité locale du diamètre de la bave, car la section du cylindre de fibroïne se montre beaucoup plus constante.

Les différences d'épaisseur se traduisent par des variations pondérales du grès selon la zone considérée. On peut les mettre en évidence en éliminant ce grès par un solvant qui n'attaque pas la fibroïne, c'est-à-dire en pratiquant le décreusage de la soie.



Afin de comparer les richesses en sérécine des différentes parties du cocon de la race Ascoli Roustan, nous avons utilisé les échantillons destinés au calcul du titre, ce qui nous a permis de déterminer pour chaque cocon le taux de grès de la blaze, du frison, de la fibre dévidée et de la pelette. Ce taux a été établi sur chaque échantillon de 25 m de la partie filable.

Ultérieurement des comparaisons ont été faites avec quelques croisements japonais.

Pour décreuser les fibres nous avons utilisé la méthode au savon, simple à réaliser, et qui permet l'élimination totale du grès sans occasionner une dégradation de la fibroïne. Pour cela, nous avons disposé chaque flotillon de soie déjà pesé dans un petit sac numéroté en gaze, afin de décreuser en une fois cent éléments séparés.

La solution de décreusage a été ainsi constituée :

1<sup>o</sup> Eau chaude de dureté nulle : 5 litres ;

2<sup>o</sup> Savon râpé à l'huile d'olive : 40 grammes ;

3<sup>o</sup> Carbonate de soude : 1,5 gramme.

On agite jusqu'à dissolution complète, puis on introduit les sacs dans le récipient en cuivre qui contient la solution. Pendant toute l'opération ces sacs sont maintenus immergés dans le liquide. On porte à l'ébullition pendant trente minutes.

Après un rinçage abondant à l'eau courante adoucie, on effectue une deuxième cuisson, semblable à la première, mais en supprimant le carbonate de soude.

On fait alors un nouveau rinçage prolongé et on porte les sacs dans uneessoreuse, laquelle reçoit un courant d'eau adoucie. Lorsque le liquide de lavage ne présente plus de trace de savon, on arrête le courant d'eau et on essore pendant trente minutes.

Les échantillons sont alors disposés durant 24 heures dans une étuve à 80°C. Ils sont conditionnés pendant 8 jours avant d'être repesés.

Si P et p sont les poids respectifs d'un échantillon avant et après son décreusage, le taux de sérécine, exprimé en p. 100, est égal à :

$$100 \frac{(P - p)}{P}.$$

Nous avons analysé 4.010 échantillons dont 3.600 de la race Ascoli Roustan et 410 d'autres types japonais ou européens.

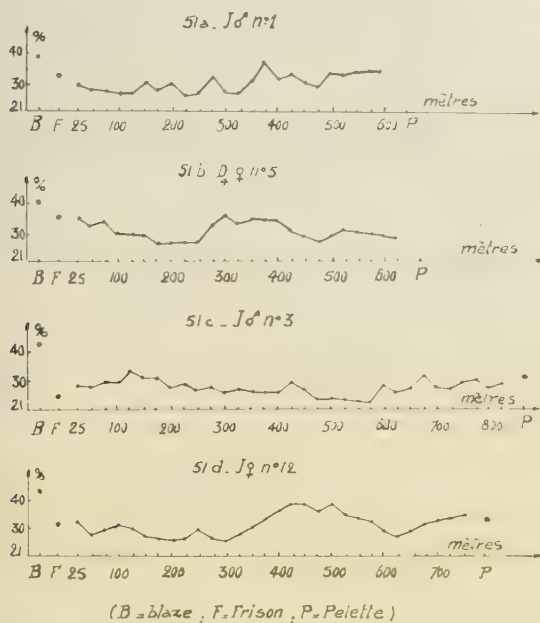
## II. — EXAMEN DES RÉSULTATS

Nous étudions d'abord la teneur en sérécine de la fibre dévidable. Nous pourrions ensuite faire des comparaisons entre toutes les couches d'un même cocon, de la blaze à la pelette.

### A. — Variations le long d'une même bave.

Nous avons représenté graphiquement les variations du taux de sérécine le long d'une même fibre à partir des valeurs elles-mêmes, de leur log., ou des données réduites. Nous avons construit de cette manière 112 courbes de la race Ascoli Roustan.

L'examen de ces courbes nous montre que le taux de sérécine présente *une grande variation* le long du fil, laquelle est *différente* selon les

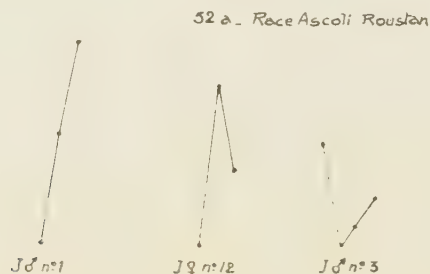


GRAPHIQUE 51. — Variations de la richesse en sérécine le long de la fibre de soie.  
(Ordonnées logarithmiques.)

cocons. Toutes les courbes sont sujettes à des ondulations plus ou moins marquées, de sorte qu'il ne paraît pas y avoir dans la race étudiée une variation *systématique* de la teneur en sérécine en fonction de la position le long du fil (cf. par exemple graph. 51).

Dans certains échantillons, apparaît à travers les variations aléatoires un accroissement plus ou moins régulier du taux de grès du début à l'extrémité du fil (graph. 51a). Dans d'autres, au contraire, se dessine soit une orientation en sens inverse (51b) soit une tendance à l'horizontale (51c). Cependant, *la plupart* des courbes ont une *allure irrégulière*, sur lesquelles on remarque souvent une chute initiale et une montée finale (51d).

Nous avons essayé de grouper les données en ne conservant qu'un point figuratif par 250 m de manière à représenter seulement le taux moyen de sérécine des couches externes, médianes et internes de la coque. Les résultats ne permettent pas d'apporter des conclusions plus précises. En effet, d'après les quelques exemples retenus dans le graphique 52a, nous voyons que dans quelques cocons, tels que J ♂ n° 1, il y a un enrichissement progressif en sérécine lorsqu'on passe d'une couche à la couche suivante ; dans d'autres (J ♀ n° 12) à une montée initiale succède une chute au niveau de la couche intérieure ; d'autres enfin présentent d'abord



52 b - Croisements japonais  
(quatre cocons isolés)



GRAPHIQUE 52. — Variations de la richesse en sérécine le long de la fibre de soie.  
(Chaque point figuratif représente 250 m de fibre.)

un abaissement du taux de sérécine suivi d'une ascension vers l'extrémité de la fibre (J ♂ n° 3).

Des essais complémentaires, portant sur 49 cocons répartis dans sept croisements japonais à cocons blancs, mettent en évidence une variation beaucoup plus systématique du taux de sérécine, lequel paraît en général décroître régulièrement du début à l'extrémité de la bave, avec parfois une remontée finale (exemple graph. 52b). Ces dernières conclusions sont d'ailleurs en accord avec les travaux de K<sup>U</sup> (1923), OGIWARA (1952) et ORLANDI (1954, 1956).

Nous retenons donc l'importance du facteur racial dans la distribution de la sérécine le long du fil.

Si on calcule le taux moyen de sérécine pour chaque cocon, les variations entre cocons d'une même race sont assez faibles.

Le tableau XXXIII, p. 185, donne pour chaque lot les taux maximum, moyen et minimum de sérécine des fils de soie.

Les maxima sont de l'ordre de 33 à 37 p. 100.

Les valeurs moyennes oscillent en général entre 28 et 30 p. 100.

Enfin, les minima se situent dans la zone de 22-25 p. 100.

Dans le cocon, les positions des maxima et des minima *ne sont pas fixes*. Les uns et les autres peuvent se situer aussi bien au niveau des couches externes que dans la région médiane ou dans les couches internes.

## B. — Comparaison entre les diverses couches d'un même cocon.

La comparaison entre les teneurs en sérécine de la blaze, du frison, de la fibre dévidable et de la pelette d'un même cocon a été faite à partir des moyennes de chacune de ces quatre parties.

Les résultats, schématisés dans le graphique 5,3 peuvent se résumer comme suit :

1<sup>o</sup> La blaze, première soie émise par la larve, est toujours la plus riche en sérécine (40-45 p. 100).

2<sup>o</sup> Dans le frison, qui constitue la couche enveloppante du cocon, ce taux de sérécine s'abaisse brusquement à 28-32 p. 100.

3<sup>o</sup> L'appauvrissement en grès se poursuit dans la partie filable, représentée par les divers flotillons de 25 m (25-30 p. 100).

4<sup>o</sup> Enfin, le taux de sérécine s'élève toujours dans la pelette (33-40 p. 100).

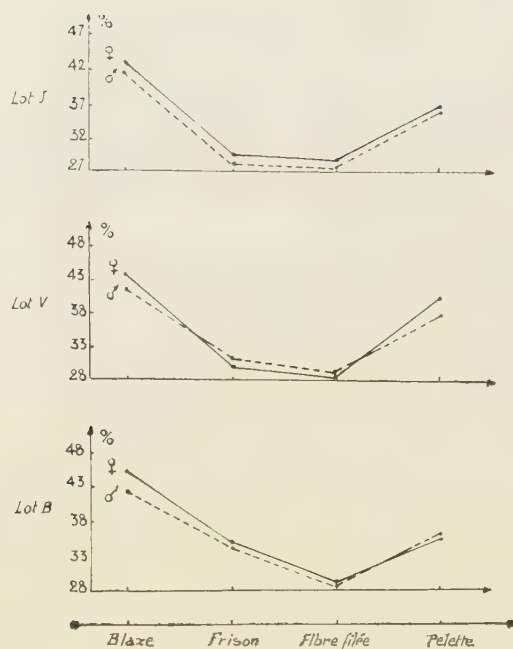
La blaze se montre donc dans tous les cas *la plus pauvre en fibroïne*. Viennent ensuite respectivement *la pelette, le frison et la partie dévidable*.

Les résultats ont été concordants dans tous les lots expérimentés et pour les deux sexes.

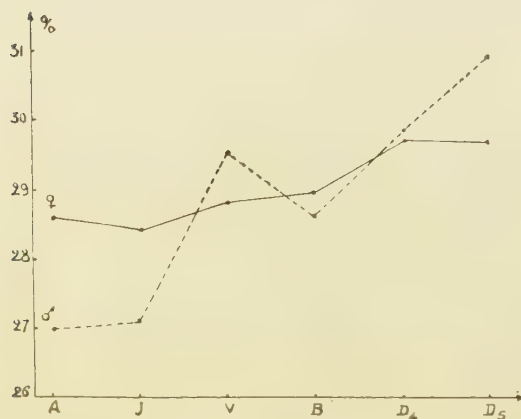
## C. — Influence de la race.

Les facteurs raciaux ont une grande influence sur la teneur moyenne en sérécine des baves. Par exemple, les croisements japonais actuels ont des fibres plus pauvres en sérécine que les types européens à cocons jaunes. Nous avons calculé pour les premiers des moyennes de l'ordre de 22 p. 100 contre 25-26 p. 100 pour les seconds. ORLANDI (1954) donne également des valeurs bien différentes selon les races étudiées.

Ces chiffres nous montrent clairement que les proportions relatives des deux principaux constituants de la fibre de soie dans le cocon, la fibroïne et la sérécine, sont *des caractères héréditaires* que l'on peut donc modifier par la sélection. C'est d'ailleurs ce qu'ont fait les généticiens japonais de manière à accroître la richesse en fibroïne des grèges, puisque la sérécine, sans valeur textile, est éliminée avant le tissage des fibres.



GRAPHIQUE 53. — Variations de la teneur en sérécine selon la couche du cocon (moyennes),



GRAPHIQUE 54. — Variations de la teneur en sérécine des fibres de soie selon l'alimentation de la larve (moyennes en p. 100).

## D. — Influence du régime alimentaire.

Le degré de maturité des feuilles de mûrier destinées à alimenter les larves exerce une certaine influence sur la richesse en sérécine des baves. En effet, le graphique 54 montre que le taux de grès *s'élève graduellement* lorsque les vers à soie sont nourris avec des feuilles de mûrier de plus en plus âgées. Les écarts observés entre les moyennes des élevages extrêmes de printemps et d'automne sont de 14,5 p. 100 chez les mâles contre 4,0 p. 100 chez les femelles.

Une sous-alimentation qualitative provoque donc un *enrichissement* en sérécine des fibres. COLOMBO (1933) et BALLI (1937) aboutissent à des résultats identiques par une sous-alimentation quantitative en laissant jeûner les larves.

Ces résultats s'expliquent si on considère qu'une variation de l'indice minéral des feuilles modifie non seulement la quantité totale des amino-acides mis à la disposition des cellules glandulaires, en vue de la synthèse de la fibroïne et de la sérécine, mais aussi les proportions respectives de chacune de ces substances. Avec le vieillissement des feuilles, le taux des amino-acides indispensables à la synthèse de la fibroïne doit *s'abaisser relativement plus* que le taux de ces composés permettant la formation de la sérécine.

## E. — Influence du sexe.

Les différentes couches des cocons femelles sont en général *légèrement plus riches* en sérécine que celles des cocons mâles. Sur l'ensemble de nos lots, nous avons obtenu les moyennes suivantes :

	Cocons mâles	Cocons femelles	Différence en faveur des femelles
Blaze .....	42,1 %	43,0 %	2,2 %
Frison .....	31,3 "	32,3 "	1,2 "
Fibre dévidée.....	28,8 %	29,0 %	0,8 %
Pelette .....	36,2 %	37,8 %	4,4 %

## III. — CONCLUSIONS

Nous venons de montrer dans ce chapitre les résultats suivants :

1° La teneur en sérécine est très variable dans les différentes couches du cocon. D'une manière générale, le premier fil qui sort de la filière du ver à soie, et qui sert de support au cocon, est très riche en sérécine. On note ensuite un appauvrissement brusque dès que la larve commence à tisser la couche externe de la coque. Sur la plus grande partie du trajet de la fibre, les rapports entre les quantités respectives de fibroïne et de séri-



cine sont très fluctuants entre certaines limites. Ces limites sont telles que la fibre dévidable contient toujours moins de sérécine que la blaze. Enfin, au niveau de la couche la plus interne du cocon, le fil s'enrichit de nouveau en sérécine, mais moins que la blaze.

2° Dans la partie dévidable l'allure des variations dépend essentiellement de la race de *Bombyx mori* étudiée.

3° Une sous-alimentation qualitative de la larve provoque en général une augmentation du taux de sérécine dans le fil. Il est possible que l'emploi de feuilles dont l'indice minéral est insuffisant occasionne une diminution de la sécrétion de fibroïne plus importante que celle de sérécine. Pour l'expliquer, on peut penser qu'au cours du vieillissement des tissus foliaires, le taux de certains amino-acides indispensables à la synthèse de la fibroïne doit s'abaisser relativement plus que le taux des amino-acides permettant la formation de la sérécine.

4° Les fibres des cocons femelles paraissent légèrement plus riches en sérécine que celles des cocons mâles.

Tous ces résultats peuvent s'expliquer à partir de la physiologie de la sécrétion de la soie.

Nous savons que la synthèse des deux substances principales constituant la soie se fait dans deux régions distinctes des glandes sérécigènes : la fibroïne est produite dans la partie la plus postérieure, le tube producteur ; la sérécine est sécrétée dans une zone plus antérieure, le réservoir.

Avant le début du filage du cocon, la fibroïne se déplace lentement vers le réservoir sous la forme d'un cylindre dont les parois entrent progressivement en contact avec la sérécine. La sérécine étant formée plus antérieurement, il paraît normal qu'au début de l'émission, le fil soit très riche en cette substance. On pourrait même penser à priori que le taux de fibroïne dans la blaze est très faible. Mais MANUNTA (1937) a remarqué que les deux composantes de la soie ne cheminent pas avec la même vitesse. Comme des coupes à différents niveaux du réservoir montrent, à mesure qu'on se rapproche de la filière, la présence d'un cylindre de plus en plus épais de fibroïne, entouré par un manchon de plus en plus mince de sérécine, la fibroïne paraît progresser plus rapidement que la sérécine (1).

En conséquence, si au début de l'émission le fil est très riche en sérécine, les effets dus aux vitesses différentielles exercent ensuite leur action maximum, de sorte que la fibre dévidable des croisements japonais

(1) Les différences de vitesse peuvent s'expliquer en considérant, d'une part que la fibroïne est sécrétée en beaucoup plus grande quantité que la sérécine, d'autre part qu'elle doit être plus visqueuse que cette dernière. La pression dans les réservoirs doit permettre le cheminement du cylindre de fibroïne vers la filière tandis que le rétrécissement progressif du canal ainsi que l'émission continue de soie provoqueraient son étirement. Pour faciliter la traction, la sérécine jouerait le rôle de lubrifiant.

La fibroïne représenterait l'élément noble de la soie, tandis que la sérécine ne serait qu'un complément facilitant d'abord l'émission du fil, jouant ensuite le rôle de colle pour lier entre eux tous les éléments du cocon.

s'enrichit progressivement en fibroïne à mesure que le filage du cocon se poursuit.

Pour expliquer les variations raciales, il faut admettre avec MANUNTA que l'intensité de la sécrétion de la séricine, de la fibroïne, ou des deux à la fois, dans le temps ou dans l'espace, est un caractère héréditaire. Dans les types japonais par exemple, les modifications se produiraient de telle manière qu'elles se traduiraient par un enrichissement progressif de la fibre en fibroïne. Dans les types français au contraire les rapports entre les quantités synthétisées de ces deux substances varieraient d'une manière aléatoire d'un moment à un autre.

Cependant, en fin de filage, on ne peut expliquer l'accroissement en séricine des pelettes que par un ralentissement de la sécrétion en fibroïne plus marqué que celui qui affecte la séricine.

---

## CHAPITRE VIII

### LOUSINESS DE LA FIBRE DE SOIE

#### I. — GÉNÉRALITÉS ET MÉTHODE DE TRAVAIL

A la surface des soies décreusées et teintées de toutes origines on trouve parfois de petites taches de couleur plus pâle formant un fin duvet et qui constituent le défaut appelé duvet originel ou perlage par les Français, lousiness par les Anglo-Saxons, fiocchetti par les Italiens et seidenlaus par les Allemands.

Au microscope on s'aperçoit que ces petites taches sont formées par une masse minuscule de nombreux éléments très fins emmêlés, appelés fibrilles, dont le diamètre varie en général de 0,5 à 1,5  $\mu$ .

Ces fibrilles étaient primitivement parallèles à l'axe de la fibre, mais, pendant le décreusage, elles ont été libérées en certains points et elles se sont enroulées autour de la fibre en formant une houppe qui constitue le lousiness.

Ce défaut est une conséquence de la structure fibrillaire de la soie, et il est particulièrement fréquent dans les races dont les baves sont facilement divisibles.

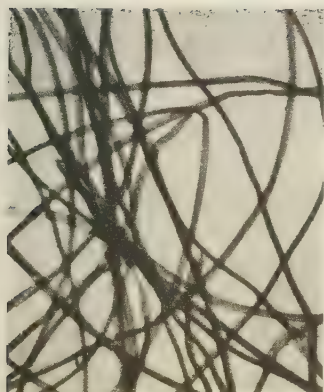
D'après OGIWARA (1952), cette faculté de division aurait pour origine la plus ou moins bonne orientation des molécules de fibroïne au moment où le ver à soie file, orientation qui dépendrait de l'état physico-chimique du liquide soyeux à l'époque de la maturité ainsi que des diverses actions physiques que subit ce liquide pendant la formation du cocon.

Pour GALLESE (1951-1952), le perlage serait provoqué, au cours du décreusage, par l'altération en certains de ses points de la couche de « cuticuline », laquelle serait une mince enveloppe interposée entre la fibroïne et la séricine.

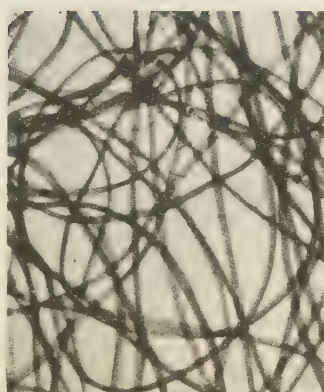
Les travaux de BUONOCORE (1952, 1953, 1954 et 1955), n'ont jamais fait apparaître l'existence d'une telle couche. Par contre, ce dernier auteur a observé dans le réservoir des glandes sérigènes issues de races riches en lousiness de nombreuses infiltrations de séricine dans la fibroïne qui se trouve ainsi divisée en plusieurs parties.

Les étirements ultérieurs pendant le filage expliqueraient la fibrillation de la soie.

Ce mélange partiel dans le réservoir serait facilité lorsque l'intensité



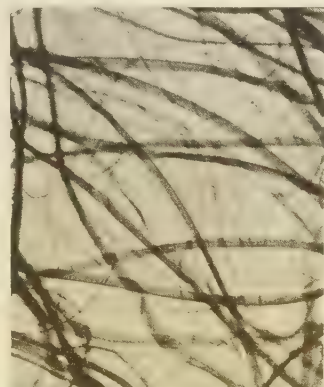
IX a. — Sans lousiness (cotation = 100).



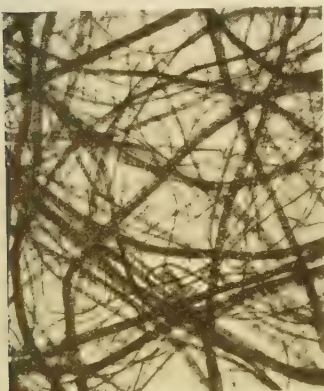
IX b. — Lousiness rare (cotation = 90).



IX c. — Peu fréquent (cotation = 80).



IX d. — Assez fréquent (cotation = 60).



IX e. — Fréquent (cotation = 40).



IX f. — Très fréquent (cotation = 20).

FIG. IX. — Degré de Lousiness des cocons (barème de cotation) (d'après Hasimoto).

de la sécrétion soyeuse est accélérée sous l'influence de facteurs intrinsèques ou extrinsèques.

En résumé, pour BUONOCORE, le degré de lousiness dépendrait essentiellement des éléments suivants :

1<sup>o</sup> *Race* : les cocons les plus riches en soie ont toujours un degré de perlage élevé.

2<sup>o</sup> *Alimentation* : des repas fréquents et copieux facilitent la fibrillation de la fibroïne.

Notre contribution dans le domaine du lousiness s'est bornée à l'étude des relations entre la qualité physique et chimique de la feuille de mûrier distribuée aux larves et le degré de lousiness des cocons.

Les prélèvements de soie ont été faits sur la coque en appliquant la technique de HASIMOTO, précisée par BUONOCORE (1952) et SCALABRONI (1954).

A l'intérieur des différents lots, nous avons prélevé sur chaque cocon un petit morceau triangulaire de coque d'environ 2 mm<sup>2</sup>. Cet échantillon, qui représente toutes les couches du cocon, est placé sur une lame porte-objets où l'on verse quelques gouttes d'une solution de soude caustique à 5 p. 100, en vue d'obtenir rapidement et à froid, quoique sans dommage, le décreusage de l'échantillon. On peut d'ailleurs suivre au microscope la progression du décreusage. Lorsqu'il est terminé, au bout de 10 à 15 minutes, on lave plusieurs fois à l'eau distillée l'échantillon dont on écarte soigneusement les fibres les unes des autres avec une aiguille, puis on l'examine sous un grossissement d'environ 120, avec une lumière peu intense.

Le degré de lousiness se mesure alors en comparant cet échantillon à des photographies standard dont le degré de lousiness a été fixé arbitrairement (cf. fig. 9).

Afin de pouvoir établir une comparaison facile avec les soies grèges, nous avons adopté la cotation suivante, identique à celle prescrite par l'Association Internationale de la Soie dans le « Manuel Standard d'Essais et de Classification de la Soie Grège » (1952) :

Classement	Chiffre de classification
Absence de lousiness .....	100
Lousiness très rare .....	90 à 100
Lousiness peu fréquent .....	80 à 90
Lousiness fréquent .....	60 à 80
Lousiness très fréquent .....	40 à 60

## II. — LES RÉSULTATS

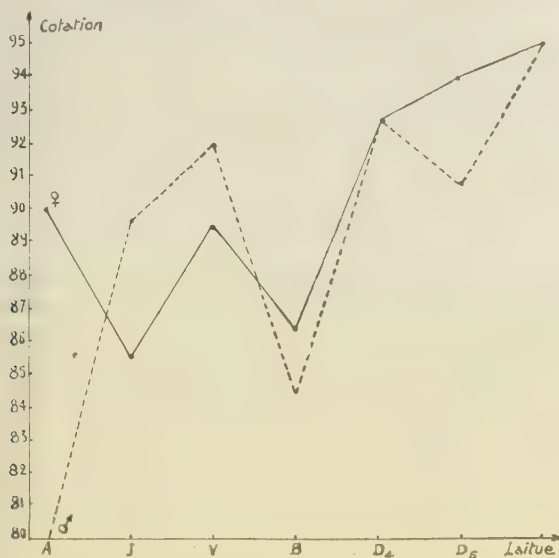
La représentation graphique des moyennes de chaque lot, par sexe et selon le régime alimentaire (cf. graph. 55) nous montre d'abord que le degré de lousiness est toujours assez faible dans la race étudiée (entre



80 et 94 selon le type d'alimentation). Nous voyons ensuite que ce degré de lousiness ne paraît pas lié au sexe.

Il semble au contraire en corrélation avec l'indice minéral des feuilles utilisées. Le défaut s'accroît en effet lorsque les larves sont alimentées avec des *feuilles jeunes*, alors qu'il s'atténue si on utilise des feuilles à un stade de développement avancé (cf. graph. 55).

Un contrôle, fait en employant la feuille de laitue, beaucoup moins nutritive que celle de mûrier, confirme d'ailleurs ces conclusions (cf. graph. 55).



GRAPHIQUE 55. — Variations du taux de lousiness des fibres de soie, selon l'alimentation de la larve

Nos travaux rejoignent donc ceux de BUONOCORE (1951-1952). En effet, quoique la facilité de fibrillation des baves soit considérée comme un caractère héréditaire, nous remarquons également que tous les facteurs, même non génétiques, qui conditionnent la richesse soyeuse du cocon, influent d'une manière plus ou moins prononcée sur le lousiness.

BUONOCORE l'a montré en ce qui concerne les variations quantitatives du régime alimentaire. La présente étude aboutit à des résultats comparables dans le cadre des variations qualitatives de ce régime.

D'ailleurs, l'étude biométrique nous a permis de mettre en évidence une liaison entre le degré de lousiness et le poids de soie filée par la larve.

Le tableau XXXIX, p. 189, nous indique en effet, qu'il existe une corrélation inverse entre la note chiffrée représentant le lousiness et le



poids de la coque de soie. En d'autres termes, le défaut de lousiness *est d'autant plus prononcé* que la quantité de soie sécrétée est *plus importante*, c'est-à-dire, comme nous l'avons vu, que l'indice minéral des feuilles de mûrier destinées à alimenter les larves est plus élevé.

La corrélation est encore plus intense si l'on considère l'épaisseur de la coque ou la richesse soyeuse.

Il est évident que la liaison avec le poids du cocon est beaucoup plus faible, quoique toujours négative, à cause du poids prépondérant de la chrysalide.

**En conclusion**, le défaut de lousiness du fil de soie, à l'intérieur d'une même race, est d'autant plus prononcé que les vers à soie ont été nourris avec des feuilles de mûrier plus jeunes.

L'alimentation exerce *directement* son action sur l'intensité de la sécrétion soyeuse, laquelle, à son tour *influe* sur la faculté de fibrillation de la soie après son émission, c'est-à-dire sur le degré de lousiness des baves.

\*  
\* \*

Nous venons d'analyser les principaux caractères de la fibre de soie. Nous avons d'abord constaté que tous ces caractères présentent une certaine variabilité dans un cocon, ou entre cocons. Mais, comme ils ont été étudiés séparément, nous ne savons pas lesquels sont les plus constants. Un examen d'ensemble va nous permettre de résoudre ce problème.

D'autre part, nous avons également remarqué que certains de ces caractères paraissent plus ou moins liés les uns aux autres. C'est par une étude biométrique les englobant tous que nous mettrons en relief ces corrélations.

## CHAPITRE IX

### VARIABILITÉ DES CARACTÈRES DE LA FIBRE DE SOIE

Nous avons comparé la variabilité de chacun des caractères de la fibre de soie d'abord à l'intérieur d'un même cocon, ensuite entre cocons d'un même lot, enfin entre lots provenant d'élevages différents.

Dans chaque cas, le degré d'homogénéité a été déterminé en calculant le *coefficient de variabilité*, lequel exprime le rapport de l'écart type  $s$  à la moyenne  $\bar{x}$ .

#### I. — VARIABILITÉ DANS UNE MÊME FIBRE

L'étude a été réalisée sur 20 cocons pris au hasard et issus d'élevages très différents tels que J ♂ et J ♀, d'une part, B ♂ et B ♀ d'autre part. Nous rappelons que dans chaque cocon, il a été fait pour chaque caractère une mesure tous les 25 m, de sorte que l'analyse a porté finalement sur 20 populations formées chacune de 25 à 40 échantillons.

Les résultats, exprimés dans les tableaux XXXIV, et XXXV, p. 186, peuvent se résumer comme suit :

1° Parmi les caractères classiques de la fibre de soie, c'est le *diamètre* et le *taux de séricine* qui ont la variabilité la plus faible (11-13 p. 100). Viennent ensuite l'allongement de rupture (18-20 p. 100) ; enfin, elle est *maximum* dans le *titre* <sup>(1)</sup>, la *charge de rupture*, la *charge* et l'*allongement au point d'inflexion* (27-35 p. 100).

2° Le classement est *indépendant* du cocon considéré ou du lot choisi : il y a des caractères qui présentent *toujours* une *grande variabilité* le long du fil, et d'autres qui sont *toujours plus constants*.

3° Les rapports dynamométriques que nous avons définis (coefficient de charge utile, ténacité spécifique, ténacité de rupture) ont une *variabilité beaucoup plus faible* que les caractères dynamométriques classiques (10 à 15 p. 100 contre 20 à 30 p. 100).

4° Par contre, pour un même caractère, la *variabilité dépend du cocon choisi*. Voici par exemple deux cas extrêmes empruntés au tableau XXXIV, p. 186.

a) Le coefficient de variabilité du diamètre est de 4,0 p. 100 dans le

(1) Nous avons déjà expliqué la raison pour laquelle le titre d'une fibre a une variabilité toujours plus grande que son diamètre, quoique ces caractères représentent tous les deux la grosseur du fil.

cocon n° 17 du lot B ♀, contre 12,4 p. 100 pour le cocon n° 16, du même lot.

b) Au sujet de deux autres cocons, les coefficients de variabilité du titre sont respectivement de 6,6 p. 100 et 41,7 p. 100.

Notons toutefois qu'en général les différences sont beaucoup moins accusées.

## II. — VARIABILITÉ ENTRE COCONS D'UN MÊME LOT

La variabilité entre cocons d'un même lot a été calculée sur la totalité des cocons constituant les 12 élevages expérimentaux de la race Ascoli Roustan. Pour cela, chaque caractère était représenté par sa valeur moyenne.

L'examen du tableau XXXVI, p. 187, permet les conclusions suivantes :

1° Pour chacun des caractères de la fibre de soie la variabilité de la moyenne entre cocons d'un même élevage est *beaucoup plus faible* que la variabilité des mesures à l'intérieur d'une même fibre. En effet, le coefficient de variabilité est de l'ordre de 5 à 13 p. 100 dans le premier cas contre 11 à 35 p. 100 dans le second.

Le coefficient de variabilité des moyennes des cocons (5 à 13 p. 100) n'est pas sensiblement plus élevé que la valeur à laquelle on devrait s'attendre à partir des variations à l'intérieur des cocons. En effet, l'échantillonnage dans chaque cocon portant sur environ 25 mesures, la variabilité de la moyenne devrait être  $\sqrt{25} = 5$  fois moins élevée. On pouvait donc s'attendre à des valeurs de 2 à 7 p. 100, puisque la variabilité extra-cocons s'échelonne entre 11 et 35 p. 100. La variabilité supplémentaire, due aux différences entre cocons, est donc faible.

2° En comparant entre eux les divers caractères nous remarquons que les rapports dynamométriques ont toujours les valeurs les plus constantes. Viennent ensuite le diamètre, le taux de sérécine et l'allongement de rupture suivis par la charge et l'allongement au point d'inflexion et par le taux de lousiness. Enfin, les valeurs du titre et de la charge de rupture sont les plus fluctuantes.

En somme, l'ordre de classement est *le même* que celui concernant la variabilité le long de la fibre, et cet ordre n'est pas sensiblement modifié d'un lot à un autre.

## III. — VARIABILITÉ ENTRE LOTS DIFFÉRENTS

Les douze lots de cocons étudiés, qui étaient tous issus de vers à soie de la même race, se caractérisaient chacun, soit par le sexe, soit par le régime alimentaire.

Nous avons remarqué que pour tous les caractères la variabilité est du *même ordre* dans les deux sexes.

Par contre, dans les cocons filés par des vers à soie alimentés avec des *feuilles mûres* cette variabilité est *souvent plus élevée* que celle obtenue dans les cocons filés par des larves nourries avec des feuilles plus jeunes.

#### IV. — CONCLUSIONS

Nous avons mis en évidence les points suivants :

1<sup>o</sup> La variabilité de chacun des caractères de la fibre de soie entre deux points voisins de cette fibre, ou tout le long d'un même fil, ou entre cocons d'un même élevage, ou enfin entre lots différents est un phénomène *absolument général*.

2<sup>o</sup> Tous les caractères ne présentent pas la même variabilité : certains sont toujours plus constants, d'autres plus fluctuants. Parmi les premiers, nous citerons la ténacité de rupture, le diamètre et le taux de séricine. Parmi les derniers, nous retenons surtout le titre et la charge de rupture.

3<sup>o</sup> La variabilité d'un même caractère est souvent la plus élevée dans les cocons filés par des vers à soie nourris avec les feuilles de mûrier les plus âgées. Pour l'expliquer, nous rappellerons simplement que les larves alimentées avec des feuilles juvéniles sont beaucoup plus *homogènes* que les autres. Par suite, il est normal que les fibres de soie de cocons de printemps soient *plus homogènes* que celles de cocons d'automne.

## CHAPITRE X

### LES LIAISONS ENTRE LES CARACTÈRES DANS LE COCON ET DANS LA FIBRE DE SOIE

Nous avons d'abord recherché les corrélations entre tous les caractères de la fibre de soie, pris deux à deux, le long d'une même bave. Ensuite, nous avons essayé d'établir certaines connexions entre les caractères de la fibre et ceux du cocon.

#### I. — CORRÉLATIONS LE LONG D'UNE MÊME BAVE

Pour cette étude, nous avons choisi la totalité des fibres de lots très différents tels que J  $\frac{1}{2}$  et J  $\frac{3}{4}$  d'une part, B  $\frac{1}{2}$  et B  $\frac{3}{4}$  d'autre part. Nous rappelons que dans chaque cocon, et pour chaque caractère, nous avons fait une mesure tous les 25 m le long du fil. De cette manière, nous disposons de 25 à 40 valeurs par population.

Les corrélations ont été calculées, selon la méthode classique, sur les caractères suivants pris deux à deux : titre, diamètre, charge de rupture, allongement de rupture, ténacité de rupture, charge au point d'inflexion, allongement au point d'inflexion et taux de séricine.

L'examen de toutes ces liaisons, présentées dans le tableau XXXVII, p. 187, permet les conclusions suivantes :

1<sup>o</sup> *Le diamètre, le titre, la charge de rupture, l'allongement de rupture et la richesse en fibroïne*, pris deux à deux, sont en étroite corrélation les uns avec les autres. C'est ce qui explique que les courbes de variations de chacun de ces quatre caractères tout le long de la fibre ont des allures très semblables à l'intérieur d'un même cocon.

Il paraissait d'ailleurs évident que les fibres ayant les plus gros titres soient les plus épaisses et les plus aptes à supporter les charges les plus lourdes.

La liaison positive entre le titre et la charge de rupture explique les résultats expérimentaux concernant la faible variabilité de la ténacité de rupture.

2<sup>o</sup> La charge de rupture et la charge au point d'inflexion d'une part, l'allongement de rupture et l'allongement au point d'inflexion d'autre part, sont également en étroite liaison. C'est la raison pour laquelle les

coefficients de charge utile et d'allongement utile sont *beaucoup plus constants* que le titre, la charge ou l'allongement de rupture.

3° On aboutit à des résultats analogues en considérant la charge au point d'inflexion par rapport à l'allongement au point d'inflexion.

4° Enfin la ténacité de rupture est *d'autant plus élevée* que le diamètre de la fibre est *plus fin* et son titre *plus bas*, ce qui confirme les résultats expérimentaux du chapitre VI, p. 125.

## II. — CORRÉLATIONS ENTRE LES CARACTÈRES DE LA FIBRE DE SOIE

Nous avons établi toutes les liaisons entre les caractères de la fibre de soie. En plus de ceux déjà étudiés le long du fil, nous avons ajouté le poids et la longueur de fibre dévidée, ainsi que le rendement en soie à la filature.

Chacun de ces caractères a été représenté par une seule valeur : sa moyenne. De cette manière, nous avons pu analyser 32 couples de caractères.

L'étude a été faite d'abord à l'intérieur de chacun des 12 lots de la race Ascoli Roustan, ensuite dans les 6 lots mâles et les 6 lots femelles, enfin dans les 12 lots. Pour chaque cas, nous avons conservé la totalité des cocons du lot.

Nous avons d'abord constaté que l'intensité de la liaison entre deux caractères varie peu d'un lot à un autre. Ceci nous permet de présenter seulement dans le tableau XXXVIII, p. 188, les résultats obtenus dans les 6 lots mâles, les 6 lots femelles, et les 12 lots. L'examen de ce tableau permet les conclusions suivantes.

1° Les corrélations déjà étudiées précédemment le long du fil, à tous les niveaux des 25 m, ont des significations *très comparables* lorsqu'on ne considère que la moyenne de chaque caractère, c'est-à-dire une valeur par cocon.

2° Le *poids* de la fibre est étroitement lié à sa longueur, à son titre, à son diamètre, à sa charge de rupture, à sa charge au point d'inflexion et à sa richesse en fibroïne. Mais il est pratiquement indépendant de l'allongement de rupture ou de l'allongement au yield point.

3° La *longueur* de la fibre est en *liaison négative* avec son titre ou son diamètre, ce qui est en accord avec les travaux de Mlle LOMBARDI (1952) qui a étudié les races italiennes. Par contre, elle est pratiquement indépendante des propriétés dynamométriques et de la richesse en séricine.

4° Le *rendement en soie* est étroitement lié au diamètre, au titre ou à la charge de rupture ; ceci s'explique facilement, si on considère que les fibres les plus grosses se dévident avec un minimum de cassures et ne permettent la formation que d'une pelette très légère.



### III. — CORRÉLATIONS ENTRE LES CARACTÈRES DU COCON ET CEUX DE LA FIBRE DE SOIE

Dans une dernière série d'analyses nous avons enfin précisé les liaisons entre certains caractères du cocon et les caractères de la fibre qui provient de sa filature. Nous rappelons que dans le chapitre I, p. 67, l'étude biométrique nous avait montré d'une part que tous les caractères morphologiques du cocon ou de la coque étaient étroitement liés les uns aux autres, d'autre part que les plus représentatifs étaient le poids du cocon et celui de la coque. Compte tenu de ces résultats, nous avons recherché les corrélations entre chacun de ces deux caractères et tous ceux de la fibre de soie.

Du tableau XXXIX, p. 189, nous tirons ce qui suit :

1<sup>o</sup> *Le poids du cocon* aussi bien que celui de *la coque* sont l'un et l'autre en *étroite liaison* avec le poids de la fibre, son titre, son diamètre, sa charge de rupture, sa charge au point d'inflexion et sa richesse en fibroïne.

2<sup>o</sup> Chacun d'eux est pratiquement indépendant de l'allongement de rupture ou de l'allongement au yield point.

3<sup>o</sup> Le défaut de *lousiness* dépend étroitement de la richesse en soie du cocon, qu'on l'exprime sous la forme du poids de la coque, ou de l'épaisseur de cette dernière, ou encore de la richesse soyeuse.

### IV. — CONCLUSIONS

1<sup>o</sup> Le long d'un même fil, les principaux caractères biométriques de la fibre de soie sont en *étroite corrélation* les uns avec les autres.

2<sup>o</sup> Certaines de ces corrélations positives expliquent la faible variabilité de la ténacité spécifique ou de rupture ainsi que des coefficients de charge ou d'allongement utiles.

3<sup>o</sup> Les vers à soie les plus gros filent souvent les coques les plus *lourdes* ; en dévidant ces coques on risque d'obtenir les fibres les plus *pesantes*, les plus *épaisses*, les plus *tenaces* et les plus *riches en fibroïne*. En outre, la filature de ces fibres laisse espérer un *bon rendement en soie*, probablement à cause de la rareté des cassures et de la faible importance des pellettes.

4<sup>o</sup> Les fibres *longues* ont souvent une épaisseur *plus réduite* que les baves courtes, tout en ayant un *poids supérieur*.

5<sup>o</sup> Les *allongements*, aussi bien à la rupture qu'au point d'inflexion, sont en général les caractères *les plus indépendants*.

6<sup>o</sup> Le défaut de *lousiness* dépend étroitement de la *quantité de soie* émise par la larve, c'est-à-dire du poids ou de l'épaisseur de la coque aussi bien que de la richesse soyeuse.

## APPENDICE

### ALIMENTATION DES VERS A SOIE AVEC DES FEUILLES DE LAITUE

Nous avons déjà dit dans la Première Partie que les vers à soie sont des Lépidoptères polyphages qui peuvent être alimentés, pendant une durée plus ou moins longue, avec d'autres feuilles que celles de mûrier.

Le plus souvent, ceux qui ont réalisé de tels élevages ont constaté un taux de mortalité élevé ; dans les meilleures conditions, la récolte en cocons est plus faible que celle que l'on aurait obtenue à partir de *Morus alba*.

Dès 1890 HARZ cite comme aliments de remplacement les feuilles de 31 espèces végétales. Les meilleurs résultats ont été signalés en employant la scorsonère, mais la croissance reste lente, et le taux de mortalité assez élevé. D'ailleurs, BOUNHIOL (1950) a comparé les croissances obtenues chez *Bombyx mori* à partir d'espèces végétales différentes. Récemment, PASCAL (1956) a pu substituer à la scorsonère une espèce voisine : *Podospermum laciniatum*. Enfin, LEGAY et PASCAL (1955) ont essayé d'utiliser comme aliment des feuilles de mûrier cuites et conservées. Le poids des larves reste faible, et ces dernières franchissent difficilement la troisième mue par suite d'inappétence.

De nombreuses publications pourraient encore être citées ; de toute manière, la feuille de mûrier est le seul aliment connu qui permette actuellement une croissance larvaire normale avec un minimum de mortalité et un maximum de rapidité.

Nos essais dans ce domaine se sont limités à deux types d'alimentation correspondant à des feuilles ayant des compositions chimiques bien différentes. L'un de ces types fut réalisé à partir des feuilles de mûrier nous venons de l'étudier. L'autre, que nous allons comparer au premier, est basé sur l'emploi des feuilles de laitue.

L'élevage effectué avec des feuilles de laitue a été réalisé en Normandie en 1953. La température du local a subi, dans l'ensemble, des variations assez faibles de l'ordre de 2 à 3 degrés ; elle s'est située aux environs d'une moyenne de 19°C.

A la naissance on a distribué aux larves un mélange de feuilles

blanches des jardiniers, issues de pieds pommés, et de feuilles vertes de la variété appelée « laitue des quatre saisons ». Comme le choix des vers à soie s'est porté uniquement sur ces dernières, les feuilles blanches ont été abandonnées dès le deuxième jour.

Les feuilles distribuées pendant toute la durée de l'élevage étaient toujours à un stade juvénile, grâce à la pluralité des semis et des repiquages, de sorte que leur âge pouvait varier de 20 à 28 jours.

D'ailleurs, des analyses faites tous les 6 jours au cours de la vie larvaire ont donné des résultats très comparables. Les moyennes, portées dans les tableaux III et IV, p. 168, représentent donc bien la valeur nutritive de la feuille pendant toute la période d'alimentation.

La nourriture a toujours été très abondante et en excès. La mortalité par grasserie, provoquée probablement par l'excès d'eau contenue dans les tissus foliaires, s'est surtout manifestée pendant le premier intermue. Par contre, l'état sanitaire a été bon après la quatrième mue.

Des résultats analytiques, concentrés dans les tableaux I à IV, p. 167 et 168, nous déduisons que :

1° Les feuilles de laitue sont *beaucoup plus aqueuses* que celles de mûrier de printemps (93,5 p. 100 contre 78,5 p. 100).

2° Si on exprime les résultats de l'analyse minérale en p. 100 du poids sec, on trouve des taux d'azote et de phosphore comparables à ceux des feuilles juvéniles de printemps.

3° Mais, si on tient compte du poids frais, les teneurs de la feuille de laitue en ces deux éléments sont *beaucoup moins élevées* que dans les feuilles de mûrier d'automne.

Voici d'ailleurs quelques chiffres :

	Feuilles de laitue	Feuilles de mûrier d'automne
Azote total .....	0,25 %	0,90 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,07 %	0,14 %

Cependant, malgré cet appauvrissement en azote et en phosphore, les feuilles de laitue présentent un *indice minéral comparable* à celui des feuilles de mûrier d'automne, à cause de leur faible teneur en calcium.

Les caractères des cocons et des fibres de soie provenant de larves alimentées avec de la laitue se *rapprochent beaucoup* des cocons et fibres formés par des larves nourries avec des feuilles de mûrier d'automne (élevage D<sub>4</sub>).

Ces résultats *confirment donc de nouveau* l'importance de l'indice minéral des tissus foliaires.

Le graphique 56 présente les valeurs comparées des principaux caractères des cocons et des baves provenant, les uns de larves alimentées avec des feuilles de laitue, les autres de vers à soie nourris à partir de feuilles de mûrier de printemps (lot A) et d'automne (lot D<sub>4</sub>).

Nous retenons essentiellement de ce graphique les points suivants :

1<sup>o</sup> La valeur nutritive de la feuille juvénile de laitue est *comparable* à celle de la feuille de mûrier parvenue au stade de complète maturation.

2<sup>o</sup> Le changement de nourriture *ne provoque pas* de modifications dans la forme du cocon.

3<sup>o</sup> Des feuilles végétales de texture complètement différente, telles que par exemple la feuille juvénile de laitue, très aqueuse, et la feuille

Caractères étudiés	Feuilles de mûrier		Feuilles de laitue
	de printemps	d'automne	
Longueur du cocon	38,4 mm	31,6 mm	31,1 mm
Largeur du cocon	19,2 mm	15,8 mm	15,4 mm
Largeur/Longueur	0,50	0,50	0,49
Larg.ceintre/Larg.max.	0,94	0,94	0,95
Poids du cocon	2 697 mg.	1 455 mg	1 432 mg
Poids de la coque	444 mg.	196 mg	192 mg
Richesse soyeuse	16,5 %	13,5 %	13,4 %
Longueur de la fibre	854 m	615 m	487 m.
Titre de la fibre	3,4 den.	2,6 den	2,4 den.
Taux de séricine	28,5 %	31,6 %	33,8 %
Cotation du lousiness	85	92	95

GRAPHIQUE 56. — Influence du régime alimentaire du ver à soie sur les principaux caractères du cocon et de la fibre de soie.

agée de mûrier, pauvre en eau, fortement calcifiée et lignifiée, ont des effets nutritifs *assez comparables*, quoique leurs richesses relatives en azote, phosphore et calcium soient bien différentes. Ce résultat s'explique, si on considère que les indices minéraux de ces deux types de feuilles ont *des valeurs voisines*.

En ce qui concerne le lousiness, nous confirmons ici les résultats obtenus à partir de la feuille de mûrier : le défaut de lousiness *diminue* chez les soies provenant de larves quantitativement sous-alimentées.

Dans une récente étude, MARTOURET (1957) signale que chez les

Hyponomeutes les caractères du cocon sont aussi en étroite relation avec le régime alimentaire ; en particulier, l'élevage sur pommier donne toujours des coques de soie deux à trois fois plus lourdes que l'élevage sur aubépine.

*Nous concluons*

1<sup>o</sup> Les feuilles de laitue sont beaucoup plus aqueuses que les feuilles de mûrier ; par contre, elles sont moins riches que ces dernières en protides totaux et nucléoprotéides, et par suite en azote et phosphore, ainsi qu'en calcium.

2<sup>o</sup> Cependant, cet abaissement général du taux des principaux éléments organiques et minéraux leur permet d'avoir un « indice minéral » du même ordre que celui des feuilles de mûrier déjà âgées.

3<sup>o</sup> Cette analogie explique que les vers à soie alimentés avec des feuilles juvéniles de printemps donnent des cocons et des fibres de soie dont les caractères sont *sensiblement identiques* à ceux formés par des larves nourries à l'aide de feuilles de mûrier ayant atteint leur maturité.

4<sup>o</sup> Le taux *élevé* de mortalité par grasserie, qui se produit dans les élevages nourris avec les feuilles de laitue, ou au moyen d'autres feuilles très aqueuses, paraît surtout provoqué par *l'excès d'eau* de ces feuilles.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Nous avons apporté dans ce travail sur le ver à soie quelques précisions concernant la croissance de l'ensemble des tissus larvaires et de certains organes pris isolément.

Nous nous sommes également efforcé d'analyser certaines particularités du mécanisme de la sécrétion soyeuse susceptibles d'expliquer les variations des caractères physiques de la fibre de soie tout au long de son trajet.

Nous avons enfin mis en évidence les modifications provoquées par l'alimentation sur la biologie de la chenille.

Chacun des faits étudiés ayant déjà été discuté, nous nous limiterons à résumer ici les plus importants d'entre eux.

### I. — DE L'ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES DE CROISSANCE SE DÉGAGENT LES RÉSULTATS SUIVANTS :

1<sup>o</sup> Nous confirmons le caractère continu et exponentiel de la croissance pondérale de la chenille, et montrons que le taux de cette croissance diminue régulièrement du premier au dernier stade larvaire.

2<sup>o</sup> L'étude expérimentale fait apparaître que la croissance des glandes séricigènes au cours du dernier internue a également une allure exponentielle. Un point critique sépare toujours la période d'intense sécrétion qui suit la dernière mue de la phase préparatoire à la maturation larvaire, laquelle commence lorsque le rythme de l'alimentation se ralentit brusquement.

Enfin, pendant cette même période, la croissance glandulaire présente une forte allométrie positive par rapport à la croissance totale.

### II. — VIS-A-VIS DES PROBLÈMES LIÉS A LA SÉCRÉTION DE LA SOIE, NOUS AVONS MIS EN RELIEF LES FAITS SUIVANTS :

1<sup>o</sup> Le déclenchement du début du filage est précédé par une concentration progressive des déchets protéiques accumulés dans les glandes séricigènes sous la forme de fibroïne et de séricine. Cette diminution de la teneur en eau de la matière soyeuse doit provoquer une augmentation



de sa viscosité grâce à laquelle l'émission ultérieure de cette substance pourra se faire sous la forme d'une longue fibre.

2° Le filage ne paraît possible que lorsque la quantité de soie mise en réserve atteint un pourcentage suffisant du poids larvaire, ce qui met en relief l'étroite connexion existant entre les poids larvaires et glandulaires au stade de la maturation.

Nous retenons donc d'une part l'indépendance respective des poids larvaires et glandulaires vis-à-vis du filage, d'autre part la liaison étroite entre le filage et la valeur du rapport entre ces deux poids. A la maturité le rapport constant entre le poids des glandes et le poids total peut être considéré comme le témoin du degré d'évolution physiologique de la chenille, lequel est atteint plus ou moins tôt selon l'alimentation.

3° Le diamètre du fil s'accroît brusquement après chaque mue et ne subit pas ensuite de modifications appréciables jusqu'à la mue suivante.

4° La fibre constituant le cocon n'a pas une épaisseur constante sur toute sa longueur. Son diamètre présente une variabilité locale très accusée en même temps qu'une variation systématique plus ou moins prononcée. Cette irrégularité a surtout pour origine les variations d'amplitude des mouvements cycliques de la partie antérieure de la chenille pendant le filage, jointes aux modifications de pression subies par le liquide soyeux dans les glandes séricigènes.

5° L'irrégularité du fil est la cause directe des variations observées sur tous les caractères physiques de la fibre de soie, particulièrement sur le titre et les propriétés dynamométriques. Cette irrégularité explique également la similitude relative des courbes représentant les variations locales ou générales de chacun de ces caractères, ainsi que les corrélations élevées que nous avons établies entre ces mêmes caractères pris deux à deux.

### III. — L'ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA BIOLOGIE LARVAIRE NOUS A CONDUIT A TOUTE UNE SÉRIE DE RÉSULTATS DESQUELS NOUS POUVONS DÉGAGER LES CONCLUSIONS SUIVANTES :

1° Les relations existant entre d'une part, les caractères physiques de la feuille, d'autre part les teneurs respectives des principales substances organiques ou minérales qui entrent dans sa composition, nous ont permis de définir un indice minéral dont la valeur est liée à l'état de développement des tissus foliaires. Grâce à cet indice, facile à déterminer, et dont la valeur s'abaisse régulièrement au cours de toute la période végétative de l'arbre, nous avons pu établir un classement des aliments distribués aux chenilles sans qu'il soit nécessaire de recourir à un dosage complet.

2° La prise de nourriture est liée non seulement à la structure physique des feuilles, mais aussi à la valeur alimentaire des éléments qui les composent. Ces considérations expliquent l'importance de l'alimentation au premier âge, à une époque où les très jeunes larves sont particulièrement mal adaptées à l'utilisation de feuilles approchant de la phase sénile.

3° La croissance larvaire ou glandulaire est sous l'étroite dépendance de l'indice minéral : optimum avec de très jeunes feuilles dont l'indice minéral est élevé, elle est minimum avec des feuilles mûres.

De même que pour la prise de nourriture, les différences liées au choix de l'aliment sont surtout sensibles pendant le premier internmue.

Nous avons remarqué que l'alimentation affecte *davantage* la croissance glandulaire que la croissance totale, ce qui pourrait s'expliquer en considérant que les substances azotées apportées par la feuille de mûrier sont utilisées par priorité comme aliment plastique plutôt que comme substance élaboratrice de réserves protidiques.

De toute manière, il en résulte que le poids de la larve s'abaisse moins vite que celui de la coque qu'elle file ; on observe par suite une diminution de la richesse soyeuse du cocon dans les élevages retardés.

4° Lorsque l'indice minéral s'abaisse trop, la chenille ne peut parvenir au stade de maturité que par un allongement de la vie larvaire, ou même, si on dépasse une certaine limite, par le déclenchement d'une mue surnuméraire. Cependant, les vers à soie élevés dans ces conditions pèsent toujours moins que les individus mieux nourris et forment des groupes moins homogènes dans lesquels les différences individuelles s'affirment au maximum.

5° L'influence du régime alimentaire sur l'évolution pondérale de la chrysalide aussi bien que sur les caractères du cocon et de la fibre de soie n'est qu'une conséquence de l'action de l'aliment sur la croissance larvaire et glandulaire.

6° Du point de vue des méthodes que nous avons employées pour analyser l'action de l'alimentation sur les caractères du cocon, il nous paraît utile de souligner l'intérêt des fonctions discriminantes : elles ont permis ici, d'une part d'obtenir la discrimination maximum entre les divers lots considérés, ce que n'autorisait pas la simple étude des corrélations, d'autre part et surtout d'éliminer certaines des variables, en tenant compte de ces corrélations, tout en conservant une discrimination proche du maximum.

Elles ont montré par exemple que la forme du cocon est pratiquement indépendante de la valeur de l'indice minéral des feuilles malgré les variations importantes du volume.

7° Les comparaisons qui peuvent être faites, sur la larve, le cocon et le fil, soit à partir des feuilles d'un même végétal utilisées à diverses

époques, soit par l'emploi de feuilles d'espèces variées, ont montré qu'on peut obtenir des effets alimentaires sensiblement équivalents à l'aide de feuilles présentant des textures et des compositions chimiques bien différentes mais dont les indices minéraux ont des valeurs du même ordre.

8° Les corrélations établies entre les principaux caractères du fil nous ont permis de définir certains coefficients dynamométriques peu dépendants de l'épaisseur de la fibre ou du régime alimentaire. Nous avons retenu en particulier un coefficient d'allongement élastique spécifique qui serait lié à la constitution physique et à la composition chimique de la fibroïne. Sa constance relative semblerait montrer que les variations alimentaires ne paraissent pas modifier sensiblement la structure de la soie. Il se produirait seulement des changements d'ordre quantitatif en liaison avec la croissance larvaire et le volume des glandes séricigènes, entraînant tout au plus une modification du degré de cohésion des fibrilles, causant ainsi une variation du taux de lousiness des fils.

\*  
\* \*

Nous venons de mettre en évidence dans cette étude la *plasticité* du type biologique que constitue le ver à soie. Ce dernier s'adapte dès son jeune âge aux variations dans la composition physique et chimique de son aliment. Cette adaptation doit se traduire par une modification dans l'intensité du métabolisme, duquel dépendent la croissance larvaire et la synthèse de la fibroïne dans les glandes séricigènes. Il s'agit donc essentiellement d'une variation d'ordre quantitatif, d'un changement du rythme de l'activité biologique, plutôt que d'un trouble profond de la physiologie de l'insecte.

\*  
\* \*

Certains des résultats que nous venons de présenter peuvent trouver leur application en Sériciculture.

Nous avons souligné l'importance du stade nouaison dans la physiologie du mûrier, au-delà duquel la valeur alimentaire de la feuille n'est plus suffisante pour permettre une bonne récolte de cocons. La méthode « d'éducation précoce et rapide des vers à soie », que nous avons mise au point depuis plusieurs années, tient le plus grand compte de ce fait. Sa large diffusion a permis d'augmenter nettement les rendements en cocons des élevages français.

D'autre part, dans les pays à climat tropical, en Afrique Noire notamment, on pourrait réaliser quatre à cinq élevages annuels rentables de vers à soie qui assureraient aux populations de ces régions un niveau de vie nettement amélioré. Il serait alors nécessaire, pour alimenter convenablement les larves de tous les lots, de pratiquer des tailles en vert sur

des variétés de mûriers judicieusement choisis. Un tel mode de culture se réaliserait facilement sous un climat qui permet une croissance presque continue de la végétation.

Enfin, les nombreuses corrélations mises en évidence, devraient faciliter la simplification des méthodes de sélection destinées à augmenter les rendements industriels des cocons, ou à modifier certains caractères du fil, en vue d'une meilleure application textile de cette fibre noble par excellence qu'est la soie.

## TABLEAUX DES DONNÉES NUMÉRIQUES

TABLEAU I

*Variations de quelques éléments de la feuille de mûrier en fonction du stade physiologique de l'arbre. (Prélèvement total sur rameau d'un an.)*

Date du prélèvement	(1) État physiolo- gique	Utilisation	Eau % de matière fraîche	% de matière sèche						
				N total	N alb.	N Sol.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO
19/4	F. D.	Elevage A 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> âge	79,3	5,50	4,45	0,90	1,75	1,35	3,30	0,50
2/5	D. F.	3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> âge	78,9	4,50	3,82	0,89	1,30	1,60	2,60	0,50
17/5	F. F.	5 <sup>e</sup> âge	76,6	3,20	2,50	1,08	0,90	1,80	1,95	0,55
24/5		Elevage B 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> âge	74,4	3,60	2,69	0,78	0,90	2,55	1,85	0,50
6/6	N.	3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> âge	71,5	2,95	2,25	0,74	0,55	3,40	2,15	0,40
22/6		5 <sup>e</sup> âge	71,9	2,60	2,02	0,53	0,50	2,75	3,25	0,40
17/7	M. F.		71,5	2,45	2,20	0,26	0,40	2,85	2,95	0,60
13/8	A.		69,2	2,25	2,07	0,27	0,30	4,25	1,95	0,70
7/9		Elevage C 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> âge	66,4	2,33	2,12	0,21	0,30	4,55	2,15	0,75
1/10	A. C.	3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> âge	63,6	2,30	2,00	0,28	0,30	4,15	1,15	0,80
15/10	S. P.	5 <sup>e</sup> âge	67,2	2,30	2,12	0,21	0,25	4,36	1,15	0,80
17/11	J.	Néant	67,0	1,40	1,19	0,21	0,20	6,10	1,22	0,78

(1) F. D. : Fin du débourrement ; F. F. : Fin de floraison ; M. F. : Maturation des fruits ; A. C. : Arrêt de croissance ; D. F. : Début de floraison ; N. : Nouaison ; A. : Milieu de l'aoûtment ; S. P. : Subérification de la base des pétioles ; J. : Jaunissement.

TABLEAU II

*Variations de quelques éléments de la feuille de mûrier en fonction de sa position sur le rameau. (Moyennes des prélèvements effectués du 7-5 au 3-6-52.)*

	Eau (% de matière fraîche)	Autres éléments (% de matière sèche)		
		N Total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO
Feuilles apicales ..	76,7	3,7	1,1	1,8
Feuille basales . . .	74,6	3,1	0,6	2,8

TABLEAU III

*Analyse des feuilles juvéniles de laitue, en p. 100 de matière fraîche.*

Eau	N Total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Indice minéral
0,3,5	0,25	0,07	0,46	0,24	0,06	1,33

TABLEAU IV

*Analyse des feuilles juvéniles de laitue, en p. 100 de matière sèche.*

N Total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Indice minéral
3,90	1,14	7,00	3,68	0,93	1,37

TABLEAU V

*Principales caractéristiques des différents élevages.*

Liste des élevages	Date des élevages	Origine des feuilles	Age moyen des feuilles
A	19/4/51 au 22/5/51	Feuilles issues de bourgeons de printemps (prélèvement total sur rameaux d'un an)	20 jours
B	21/5/51 au 28/6/51		60 jours
C	6/9/51 au 17/11/51		180 jours
D <sub>4</sub> (*) et D <sub>5</sub> (**)	6/9/51 au 27/10/51	Feuilles issues de bourgeons d'été (prélèvement total sur rameaux d'un an)	80 jours
	6/9/51 au 2/11/51		
J	6/5/52 au 8/6/52	Deux premières feuilles apicales de toutes les pousses de printemps	20 jours
V	6/5/52 au 12/6/52	Deux dernières feuilles basales de toutes les pousses de printemps	38 jours

(\*) Vers quadrinuants.

(\*\*) Vers quinquénants.



TABLEAU VI

*Caractères analytiques des feuilles de mûrier ingérées par les vers à soie.  
(Valeurs moyennes.)*

Liste des élevages	Eau de matière fraîche	% de matière sèche			Indice minéral
		N total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	
A .....	78,4	4,44	1,33	1,58	3,79
J .....	76,7	3,67	1,09	1,78	2,92
V .....	74,6	3,16	0,58	2,80	1,50
B .....	72,6	3,06	0,65	2,93	1,29
D <sub>4</sub> et D <sub>5</sub> .....	68,4	2,86	0,45	3,74	0,92
C .....	65,7	2,31	0,28	4,35	0,58

TABLEAU VII

*Influence de l'âge et de l'état de fraîcheur de la feuille de mûrier sur le poids  
de la nourriture absorbée. (Nourriture absorbée par repas en p. 100  
du poids larvaire au début du repas.)*

Intermue	Feuilles de 20 jours (lot J)			Feuilles de 38 jours (lot V)		
	Après 30 mn	Après 90 mn		Après 30 mn	Après 90 mn	
		Feuilles non- renouvelées	Feuilles renouvelées		Feuilles non- renouvelées	Feuilles renouvelées
1 <sup>er</sup> .....	4,5	1,1	3,0	3,3	0,5	3,0
2 <sup>e</sup> .....	6,6	1,0	2,6	4,6	0,8	1,6
3 <sup>e</sup> .....	5,4	0,6	2,4	2,3	0,5	1,8
4 <sup>e</sup> .....	3,2	0,5	1,6	1,6	0,5	1,5
5 <sup>e</sup> .....	4,3	1,3	1,5	3,1	1,0	1,9
Moyenne pon- dérée .....	4,7	0,9	2,2	2,9	0,7	2,0



TABLEAU VIII. — *Variations des pentes des courbes de croissance larvaire en fonction du régime alimentaire.*

Intermue	A (*)	J	V	B	D	C
1 <sup>er</sup> .....	0,28	0,28	0,22	0,21	0,11	0,08
2 <sup>e</sup> .....	0,24	0,18	0,17	0,19	0,11	0,08
3 <sup>e</sup> .....	0,20	0,17	0,17	0,16	0,10	0,08
4 <sup>e</sup> .....	0,14	0,15	0,12	0,14		0,06
5 <sup>e</sup> .....	0,11	0,11	0,10	0,10	0,07 (**)	0,06
6 <sup>e</sup> .....					0,06 (***)	0,10
Moyenne pondérée .....	0,13	0,12	0,12	0,11	0,08	0,06

(\*) Liste des élevages ; (\*\*) Dernier âge des vers quadrimuants ; (\*\*\*) Dernier âge des vers quinquémuants.

TABLEAU IX. — *Croissance larvaire moyenne par repas en p. 100 du poids au début de l'intermue.*

Intermue	A (*)	J	V	B	D	C
1 <sup>er</sup> .....	32,0	30,0	25,4	25,4	9,8	6,0
2 <sup>e</sup> .....	20,3	16,0	14,2	15,8	9,6	5,8
3 <sup>e</sup> .....	14,4	16,8	14,9	11,0	9,8	5,6
4 <sup>e</sup> .....	12,8	11,9	10,2	11,6		5,5
5 <sup>e</sup> .....	10,0	11,2	10,1	9,4		5,4
6 <sup>e</sup> .....					D <sub>5</sub> (**) 7,0	3,6

(\*) Liste des élevages ; (\*\*) Vers quinquémuants.

TABLEAU X. — *Croissance larvaire relative à chaque intermue. (Rapport entre le poids maximum et le poids au début de l'intermue.)*

Intermue	A (*)	J	V	B	D	C
1 <sup>er</sup> .....	14,6	15,7	13,0	11,2	6,0	4,2
2 <sup>e</sup> .....	5,2	4,9	4,5	5,4	3,6	3,5
3 <sup>e</sup> .....	4,9	5,7	5,0	4,8	5,4	3,6
4 <sup>e</sup> .....	5,5	4,3	4,1	5,2		3,5
5 <sup>e</sup> .....	5,5	5,5	5,6	5,2		3,4
6 <sup>e</sup> .....					D <sub>5</sub> (**) 3,5	4,0

(\*) Liste des élevages ; (\*\*) Larves quinquémuantes.

TABLEAU XI. — Poids larvaires moyens journaliers en mg et degré de dispersion (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> interneries).

A		J	V	B		D	C	
$\bar{x} \pm 2s$ (1)	$\frac{s}{\bar{x}}$ (2)	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm 2s$
1 <sup>er</sup> Internec :								
1 <sup>er</sup> jour .....	0,07	0,51	0,51	0,50 $\pm$ 0,06	0,06	0,50 $\pm$ 0,04	0,04	0,50 $\pm$ 0,04
2 <sup>e</sup> » .....	0,20	1,17	0,95	0,89 $\pm$ 0,13	0,07	0,53 $\pm$ 0,08	0,07	0,53 $\pm$ 0,12
3 <sup>e</sup> » .....	0,52	2,17	1,72	1,65 $\pm$ 0,42	0,12	0,80 $\pm$ 0,13	0,08	0,53 $\pm$ 0,18
4 <sup>e</sup> » .....	0,86	3,73	2,75	3,03 $\pm$ 0,84	0,13	0,95 $\pm$ 0,22	0,11	0,62 $\pm$ 0,17
5 <sup>e</sup> » .....	1,18	6,40	4,89	4,25 $\pm$ 1,12	0,13	1,50 $\pm$ 0,30	0,10	0,84 $\pm$ 0,34
6 <sup>e</sup> » .....	0,09	8,05	6,17	5,49 $\pm$ 1,24	0,11	1,96 $\pm$ 0,56	0,09	1,11 $\pm$ 0,20
7 <sup>e</sup> » .....	0,74		6,65	5,60 $\pm$ 0,96	0,08	2,88 $\pm$ 1,03	0,17	1,18 $\pm$ 0,26
8 <sup>e</sup> » .....						2,80 $\pm$ 1,16	0,21	1,75 $\pm$ 1,21
9 <sup>e</sup> » .....							0,21	2,15 $\pm$ 0,91
10 <sup>e</sup> » .....							0,21	2,11 $\pm$ 0,96
11 <sup>e</sup> » .....							0,22	2,13 $\pm$ 1,12
12 <sup>e</sup> » .....							0,26	2,05 $\pm$ 0,72
13 <sup>e</sup> » .....							0,18	1,83 $\pm$ 1,92
Moyenne .....	0,09	3,67	3,37	3,05 $\pm$ 0,68	0,10	1,49 $\pm$ 0,44	0,11	1,33 $\pm$ 0,62
2 <sup>e</sup> Internec :								
1 <sup>er</sup> jour .....	0,71	7,02	6,01	5,81 $\pm$ 1,62	0,13	4,04 $\pm$ 1,02	0,12	2,59 $\pm$ 1,23
2 <sup>e</sup> » .....	0,11	8,58	8,26	9,61 $\pm$ 5,02	0,26	5,99 $\pm$ 1,90	0,15	2,05 $\pm$ 1,14
3 <sup>e</sup> » .....	0,08	14,85	13,16	14,79 $\pm$ 4,96	0,16	7,94 $\pm$ 3,25	0,20	3,17 $\pm$ 1,70
4 <sup>e</sup> » .....	0,07	21,88	16,20	23,93 $\pm$ 9,82	0,20	10,18 $\pm$ 4,40	0,21	3,50 $\pm$ 2,27
5 <sup>e</sup> » .....	0,10	33,58	26,37	31,59 $\pm$ 8,20	0,12	12,48 $\pm$ 6,44	0,25	4,72 $\pm$ 3,67
6 <sup>e</sup> » .....		34,70	27,53	30,21 $\pm$ 6,06	0,11	14,23 $\pm$ 4,26	0,15	6,27 $\pm$ 3,09
7 <sup>e</sup> » .....						14,50 $\pm$ 4,21	0,14	7,26 $\pm$ 4,46
8 <sup>e</sup> » .....						12,80 $\pm$ 3,58	0,28	9,06 $\pm$ 5,17
9 <sup>e</sup> » .....						12,38 $\pm$ 3,46	0,14	8,43 $\pm$ 5,15
10 <sup>e</sup> » .....							0,24	7,93 $\pm$ 3,85
Moyenne .....	0,08	20,10	16,25	19,32 $\pm$ 6,08	0,16	10,50 $\pm$ 3,61	0,16	5,58 $\pm$ 3,26
								0,28

(1) 95 % des larves ont un poids, exprimé en mg, compris entre  $\bar{x} \pm 2s$ ;  $s$  = écart type.

(2)  $\frac{s}{\bar{x}}$  donne le degré de dispersion de la population.

TABLEAU XII. — Poids larvaires moyens journaliers en mg et degré de dispersion (3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> internue).

	A			J			V			B			D			C		
	$\bar{x} \pm 2s$ (1)	$\frac{s}{\bar{x}}$ (2)		$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$		$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$		$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$		$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$		$\bar{x} \pm 2s$	$\frac{s}{\bar{x}}$	
<b>3<sup>e</sup> Internue :</b>																		
1 <sup>er</sup> jour	45,07	0,40	0,07	33,00			29,90			14,64	0,15	31,50	15,04	4,39	0,14	11,20	5,21	0,23
2 <sup>e</sup> »	70,90	18,88	0,11	58,13			47,35			26,32	0,13	46,43	17,66	6,70	0,18	11,31	6,35	0,30
3 <sup>e</sup> »	119,52	21,46	0,08	101,80	20,38	0,10	78,03			26,38	0,11	65,09	26,70	10,60	0,19	14,67	8,38	0,27
4 <sup>e</sup> »	185,78	39,84	0,10	147,77	33,46	0,11	112,58			28,04	0,10	91,31	35,84	15,81	0,21	17,15	9,51	0,27
5 <sup>e</sup> »	221,29	45,14	0,10	188,70	49,04	0,12	143,08			20,72	0,06	136,20	51,04	14,82	0,14	22,75	13,03	0,30
6 <sup>e</sup> »				175,54	25,26	0,07	152,27			20,72	0,06	152,70	50,08	16,79	0,14	28,55	18,44	0,32
7 <sup>e</sup> »							147,22			25,50	0,08	143,70	69,17	25,62	0,18	34,00	17,66	0,25
8 <sup>e</sup> »													81,82	29,50	0,18	36,98	25,14	0,34
9 <sup>e</sup> »													60,82	17,80	0,14	40,56	23,93	0,29
10 <sup>e</sup> »																34,82	18,50	0,26
Moyenne	130,32	26,34	0,09	116,09	32,03	0,10	93,86			22,73	0,10	95,39	46,08	15,74	0,16	25,19	14,70	0,29
<b>4<sup>e</sup> Internue :</b>																		
1 <sup>er</sup> jour	208,30	57,72	0,12	189,07	40,06	0,10	180,29			34,52	0,09	142,88				44,02	14,30	0,29
2 <sup>e</sup> »	240,40	64,52	0,13	206,70	54,48	0,10	245,22			50,10	0,10	180,60				52,41	18,66	0,17
3 <sup>e</sup> »	385,09	91,16	0,11	394,93	88,78	0,11	379,30			77,32	0,10	254,36				62,81	21,81	0,17
4 <sup>e</sup> »	501,20	133,14	0,11	570,87	145,48	0,12	532,80			143,94	0,13	393,18				69,80	28,55	0,20
5 <sup>e</sup> »	818,75	182,14	0,11	804,15	181,56	0,11	618,95			144,90	0,11	551,10				83,26	32,33	0,19
6 <sup>e</sup> »	1083,10	276,10	0,12	804,20	150,36	0,09	743,51			186,38	0,12	726,65				90,00	37,10	0,20
7 <sup>e</sup> »	1155,00	243,00	0,10	763,10	168,38	0,11	604,70			168,80	0,12	754,80				109,45	43,06	0,19
8 <sup>e</sup> »												719,40				127,40	41,50	0,16
9 <sup>e</sup> »																143,88	48,90	0,17
10 <sup>e</sup> »																158,56	57,08	0,18
11 <sup>e</sup> »																130,40	49,54	0,19
12 <sup>e</sup> »																128,60	43,72	0,17
Moyenne	640,35	148,52	0,11	541,86	118,44	0,10	483,68			115,13	0,11	465,37				100,12	36,37	0,19

(1) 95 % des larves ont un poids, exprimé en mg, compris entre  $\bar{x} \pm 2s$ ;  $s$  = écart type.(2)  $\frac{s}{\bar{x}}$  donne le degré de dispersion de la population.



TABLEAU XIV

*Croissance larvaire à l'intérieur de chaque intermue par rapport à la naissance. (Rapport entre le poids maximum dans l'intermue et le poids à la naissance.)*

Intermue	A (1)	J	V	B	D	C
1 <sup>er</sup> .....	14,6	15,7	13,0	11,2	6,0	4,2
2 <sup>e</sup> .....	85,6	60,0	54,0	63,1	29,2	18,1
3 <sup>e</sup> .....	442,5	370,0	298,5	305,4	136,6	81,1
4 <sup>e</sup> .....	2 310	1 577	1 458	1 510		317,1
5 <sup>e</sup> .....	11 122	9 402	8 808	7 530	D <sub>4</sub> (2) 5 600	1 049
6 <sup>e</sup> .....					D <sub>4</sub> (2) 5 524	4 490

(1) Liste des élevages. (2) Larves quadrimuantes. (3) Larves quinquemuantes.

TABLEAU XV

*Durée des intermues et des mues exprimée en nombre de repas et en jours.*

Intermue		A (1)	J	V	B	D <sub>4</sub> (2)	D <sub>5</sub> (3)	C
	Intermue	21	24	26	24	31	31	45
1 <sup>er</sup> .....	Mue	3	3	4	3			
	Total	24	27	30	27			
	Intermue	16	18	19	21	28	28	37
2 <sup>e</sup> .....	Mue	3	3	3	4			
	Total	19	21	22	25			
	Intermue	20	21	21	25	30	30	37
3 <sup>e</sup> .....	Mue	4	3	5	5			
	Total	24	24	26	30			
	Intermue	24	24	26	25			38
4 <sup>e</sup> .....	Mue	4	4	4	4			
	Total	28	28	30	29			
	Intermue (4)	33	31	35	35	45		40
5 <sup>e</sup> .....	Total	33	31	35	35			
6 <sup>e</sup> .....	Intermue (4)						48	66
Total en re-	Intermue	114	118	127	130			263
pas .....	Mue	14	13	16	16			
	Total	128	131	143	146			
Total en jours (4)		32	33	36	37	51	57	72

(1) Liste des élevages. (2) Vers quadrimuantes. (3) Vers quinquemuantes. (4) Jusqu'à la date de la montée.

TABLEAU XVI

*Coefficients de variabilité des poids larvaires ( $\frac{s}{\bar{x}}$ ).*

Intermue	A <sup>(1)</sup>	J	V	B	D	C
1 <sup>er</sup> .....	0,09			0,10	0,11	0,19
2 <sup>e</sup> .....	0,08			0,16	0,16	0,28
3 <sup>e</sup> .....	0,09	0,10	0,11	0,11	0,17	0,29
4 <sup>e</sup> .....	0,11	0,10	0,11	0,13		
5 <sup>e</sup> .....	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11 <sup>(2)</sup>	
6 <sup>e</sup> .....					0,13 <sup>(3)</sup>	
Moyenne pondérée .....	0,100	0,100	0,106	0,117	0,156	0,249

<sup>(1)</sup> Liste des élevages. <sup>(2)</sup> Dernier âge des quadrimuants. <sup>(3)</sup> Dernier âge des quinquémuants.

TABLEAU XVII

*Variations des pentes des courbes de croissance glandulaire et larvaire en fonction du régime alimentaire.*

Types d'élevage et durée du dernier intermue	Période antérieure au filage				Pendant le filage du cocon		
	Croissance des glandes séricigènes		Croissance larvaire				
	Avant le point critique	Après le point critique	Avant le point critique	Après le point critique	1 <sup>er</sup> seg- ment (1 jour)	2 <sup>e</sup> seg- ment (1 jour)	3 <sup>e</sup> seg- ment (1 jour)
A (9 jours)	0,26 5 jours	0,08 4 jours	0,12	0,08	— 0,01	— 0,15	— 0,36
J (10 jours)	0,25 6 jours	0,06 4 jours	0,12	0,04	— 0,02	— 0,22	— 0,31
V (11 jours)	0,22 7 jours	0,06 4 jours	0,11	0,04	— 0,06	— 0,20	— 0,23
B (11 jours)	0,20 6 jours	0,06 5 jours	0,10	0,04	— 0,02	— 0,12	— 0,20
D (4 mues) (12 jours)	0,16 8 jours	0,06 4 jours	0,07	0,03	— 0,08	— 0,28	— 0,52
D (5 mues) (13 jours)	0,15 7 jours	0,05 6 jours	0,06	0,02			







TABLEAU XX

*Analyses de variances des caractères morphologiques du cocon et de la coque, degré de dispersion, et fonctions discriminantes.*

Origine de variation	Degré de liberté	Poids du cocon (PC)			Longueur du cocon (LC)			Largeur du cocon (LC)			Epaisseur de la coque (Ec)			Poids de la coque (Pc)			Poids de la coque par mm <sup>2</sup> (P)		
		V	F	s	V	F	s	V	F	s	V	F	s	V	F	s	V	F	s
Ensemble des traitements	11	240 804	138	×	30 732	48	×	27 327	37	×	10 787	0,3	×	342 807	132	×	61 040	22	×
Sexes	1	187 032	251	×	8 115	13	×	9 005	12	×	549	4,8	×	3 605	14	×	54 708	10	×
Alimentation	5	411 020	237	×	61 702	96	×	50 043	76	×	23 509	20,4	×	741 068	284	×	124 311	13	×
Interaction	5	6 250	36	×	2 915	4,5	×	966	1,3	×	123	1,1	×	7 528	2,9	×	4 000	1,6	×
Variation résiduelle	204	1 1743			644			741			116			2 668			2 868		
Ecart type en log...		0,0418			0,0254			0,0272			0,108			0,0511			0,0536		
s en % de $\bar{x}$		10,1			6,0			6,5			28,3			12,5			13,2		
		PC — 1,15 PC			Pc — PC			Pc — 2,5 p			PC + 0,12 LC + 0,21 LC — 2,86 Ec + 0,17 Pc			PC — 3 Ec					
Ensemble des traitements	11	39 607	41	×	54 072	46	×	62 732	4,6	×	790 612		×	167	×	×	567 212	164	×
Sexes	1	370 172	386	×	36 0659	305	×	417 005	31	×	403 730		×	85	×	×	340 043	101	×
Alimentation	5	14 145	15	×	50 747	43	×	15 210	1,1	×	1 598 582		×	337	×	×	1 133 090	327	×
Variation résiduelle	204	959			1 181			13 615			4 748		×				3 469		

TABLEAU XXI

*Corrélations dans les groupes entre les caractères morphologiques du cocon.*

Caractères en corrélation	Dans les 6 lots 5 (n = 240)	Dans les 6 lots 4 (n = 222)	Dans les 12 lots (n = 462)
Poids et longueur .....	0,441 +++	0,601 +++	0,521 +++
Poids et largeur .....	0,392 - - -	0,510 - - -	0,431 - - -
Poids et largeur du ceintre .....	0,293 ++	0,381 +++	0,332 +++
Poids et volume .....	0,432 +++	0,624 +++	0,523 +++
Poids cocon et poids coque .....	0,741 +++	0,773 +++	0,752 +++
Poids cocon et épaisseur coque .....	0,113 -	0,380 +++	0,261 ++
Poids cocon et richesse soyeuse .....	0,453 +++	0,195 +	0,334 +++
Longueur et largeur .....	0,360 +++	0,414 +++	0,392 +++
Longueur et largeur du ceintre .....	0,259 ++	0,324 +++	0,294 ++
Longueur et volume .....	0,633 +++	0,723 +++	0,683 +++
Longueur cocon et poids coque .....	0,542 +++	0,452 +++	0,492 +++
Longueur cocon et épaisseur coque .....	0,140 -	0,152 -	0,145 -
Largeur et largeur du ceintre .....	0,912 +++	0,884 +++	0,893 +++
Largeur et volume .....	0,902 +++	0,870 +++	0,891 +++
Largeur cocon et poids coque .....	0,374 +++	0,412 +++	0,393 +++
Largeur cocon et épaisseur coque .....	0,093 -	0,045 -	0,034 -
Largeur ceintre et volume .....	0,804 +++	0,772 +++	0,783 +++
Largeur ceintre et poids coque .....	0,292 ++	0,434 +++	0,303 +++
Largeur ceintre et épaisseur coque .....	0,080 -	0,050 +++	0,020 -
Volume cocon et poids coque .....	0,470 +++	0,455 +++	0,462 +++
Volume cocon et épaisseur coque .....	0,141 -	0,054 -	0,092 -
Poids coque et épaisseur coque .....	0,342 +++	0,642 +++	0,512 +++
Poids coque et richesse soyeuse .....	0,487 +++	0,625 +++	0,553 +++
Épaisseur coque et richesse soyeuse .....	0,363 +++	0,545 +++	0,464 +++

TABLEAU XXV

*Corrélations dans les groupes entre les caractères morphologiques du cocon et ceux des produits de filature, pris deux à deux.*

Caractères en corrélation	Dans les 6 lots 5 (n = 125)	Dans les 6 lots 4 (n = 116)	Dans les 12 lots (n = 241)
Poids cocon et poids coque .....	0,615 +++	0,780 +++	0,696 ++
Poids cocon et poids fibre dévidée .....	0,448 +++	0,557 +++	0,496 +++
Poids cocon et longueur fibre dévidée .....	0,243 +	0,245 +	0,244 +
Poids cocon et rendement en soie .....	0,106 -	0,080 -	0,093 -
Poids coque et poids fibre dévidée .....	0,821 +++	0,813 +++	0,817 +++
Poids coque et longueur fibre dévidée .....	0,566 +++	0,391 +++	0,519 +++
Poids coque et poids blaze .....	0,185 -	0,344 +++	0,240 +
Poids coque et poids frisons .....	0,080 -	0,380 +++	0,240 +
Poids coque et poids pelettes .....	0,090 -	0,140 -	0,121 -
Poids coque et rendement en soie .....	0,571 +++	0,372 +++	0,468 +++
Poids fibre dévidée et poids frisons .....	0,402 +++	0,180 -	0,298 ++
Poids fibre dévidée et poids pelettes .....	0,033 -	0,111 -	0,073 -
Poids fibre dévidée et richesse soyeuse .....	0,612 +++	0,571 +++	0,591 +++
Poids fibre dévidée et rendement en soie .....	0,840 +++	0,795 +++	0,818 +++
Longueur fibre dévidée et richesse soyeuse .....	0,455 +++	0,321 +++	0,400 +++
Longueur fibre dévidée et rendement en soie .....	0,603 +++	0,512 +++	0,562 +++
Longueur fibre dévidée et taux de soie filée .....	0,262 ++	0,214 +	0,233 +
Poids pelettes et poids frisons .....	0,097 -	0,070 -	0,080 -
Richesse soyeuse et rendement en soie .....	0,814 +++	0,702 +	0,763 +++

TABLEAU XXII

*Analyses de variances de certains caractères du cocon, de la coque et de la fibre de soie ;  
degré de dispersion, et fonctions discriminantes (groupe I).*

Origine de variation	Degré de liberté	Poids du cocon (Pc)			Longueur de la fibre dévidée (Ls)			Poids de la coque (Pc)			Poids de la fibre dévidée (Fs)		
		V	F	s	V	F	s	V	F	s	V	F	s
Ensemble des traitements.....	11	518.273	309	×	307.254	56,7	×	733.800	270	×	802.802	159	×
Alimentation.....	5	467.851	279	×	368.266	68,9	×	872.823	321	×	958.935	190	×
Sexes.....	1	575.660	343	×	16.693	3,68	—	1.832	0,67	—	52,6	0,01	—
Interaction.....	5	2.705	1,61	—	3.207	9,59	—	2.677	0,98	—	6,094	1,37	—
Variation résiduelle.	229				5.418						5,042		
Ecart type en log.					0,0736						0,0710		
S en % de $\bar{x}$ .....					18,5						17,7		
		100 PC + 4 Ls + 131 Pc — 12 Fs			PC + Pc			100 PC — Ls — 63 Pc + 10 Fs			PC — 0,6 Pc		
		(Maximum traitement)			(Maximum traitement approché)			(Maximum sexe)			(Maximum sexe approché)		
		V	F	s	V	F	s	V	F	s	V	F	s
Alimentation.....	5	32.884.314,856	355	×	2.614.204	354	×	371.402.887	44,1	×	17.895	20,6	×
Sexes.....	1	6.569.142.679	71,0	×	642.451	87,1	×	5.362.914.197	637	×	537.346	617	×
Variation résiduelle.	229	92.523.067			7.378			8.417.275			870		

TABLEAU XXIII. — Analyses de variances des produits de la filature du cocon, et degré de dispersion (groupe I).

Origine de variation	Degré de liberté	Poids de la blaze (Pb)			Poids des frisons (Pf)			Poids des pelettes (Pp)		
		V	F	s	V	F	s	V	F	s
Ensemble des traitements . . . . .	11	7 541	31,2	×	951 396	28,2	×	4 089	10,7	×
Alimentation . . . . .	5	9 049	37,4	×	105 911	32,8	×	4 620	12,1	×
Sexes . . . . .	1	324	1,34	—	76 290	2,26	—	612	1,60	—
Interaction . . . . .	5	273	1,13	—	842	0,02	—	449	1,17	—
Variation résiduelle . . . . .	229	242			33701			383		
Ecart type en log. . . . .		0,1555			0,1836			0,1958		
s en % de $\bar{x}$ . . . . .		44,0			52,6			56,9		

TABLEAU XXIV

*Analyses de variances de certains caractères du cocon et de la coque, degré de dispersion et fonctions discriminantes (groupe 2).*

[illegible]



TABLEAU XXVI  
*Evolution du diamètre des fibres de soie au cours de la vie larvaire*  
*(moyennes en  $\mu$ ).*

Types d'élevage		A	B	D <sub>4</sub>
1 <sup>er</sup> Intermue .....	1 <sup>er</sup> jour	0,8	1,4	1,1
	2 <sup>e</sup> —	1,6	1,6	1,1
	3 <sup>e</sup> —	1,6	1,6	1,3
	4 <sup>e</sup> —	1,6	1,6	1,6
	5 <sup>e</sup> —	1,6	1,9	1,6
	Moyenne	1,4	1,6	1,4
2 <sup>e</sup> Intermue.....	1 <sup>er</sup> jour	1,6	1,9	1,6
	2 <sup>e</sup> —	2,3	3,2	2,6
	3 <sup>e</sup> —	3,5	2,9	2,9
	4 <sup>e</sup> —	3,2	3,2	2,2
	5 <sup>e</sup> —		3,5	2,2
	6 <sup>e</sup> —			2,9
	Moyenne	2,6	2,8	2,4
3 <sup>e</sup> Intermue.....	1 <sup>er</sup> jour	4,5	4,1	3,2
	2 <sup>e</sup> —	4,5	5,5	5,1
	3 <sup>e</sup> —	4,5	5,8	6,1
	4 <sup>e</sup> —	6,4	5,2	5,2
	5 <sup>e</sup> —	6,2	6,4	6,1
	6 <sup>e</sup> —		6,1	7,3
	7 <sup>e</sup> —			7,7
	Moyenne	5,2	5,4	5,8
4 <sup>e</sup> Intermue.....	1 <sup>er</sup> jour	8,6	6,1	9,6
	2 <sup>e</sup> —	8,9	7,8	10,3
	3 <sup>e</sup> —	8,2	8,7	10,6
	4 <sup>e</sup> —	8,2	8,7	11,6
	5 <sup>e</sup> —	9,9	8,7	9,6
	6 <sup>e</sup> —	8,6	7,8	11,6
	Moyenne	8,7	8,0	10,5
5 <sup>e</sup> Intermue.....	5 <sup>e</sup> jour	11,8	7,8	
	6 <sup>e</sup> »	10,2	8,1	
	7 <sup>e</sup> »	16,2	10,5	
	8 <sup>e</sup> »		12,0	
	Moyenne	12,7	9,6	
Diamètre du fil du cocon.	Blaze	18,7	17,0	18,6
	Frison	28,5	26,4	26,2
	Soie dévidée	28,8	26,6	26,4
	Pelette	21,6	19,4	19,4

TABLEAU XXVII  
*Diamètre des baves, valeur moyenne des écarts à un même niveau.*  
*(Races françaises à cocons jaunes.)*

Races étudiées	En valeur absolue (en $\mu$ )	En %
Agniel n° 1 . . . . .	5,0	13,7
Agniel n° 2 . . . . .	4,4	12,0
Agniel n° 3 . . . . .	4,3	11,2
Aloïsi . . . . .	4,1	11,3
Auzas . . . . .	5,6	15,5
Ferrand . . . . .	5,3	14,5
Jaumes . . . . .	4,1	11,3
Roustan n° 1 . . . . .	5,0	13,6
Roustan n° 2 . . . . .	5,2	14,3
Taxy n° 1 . . . . .	4,4	12,1
Taxy n° 2 . . . . .	4,7	12,9

TABLEAU XXVIII. — Variations du diamètre des baves (moyennes en  $\mu$ ).

Liste des élevages	Diamètre moyen ( $\bar{x} \pm s$ )	Diamètre maximum	Diamètre minimum	Frison	Pelette
1° Ascoli Roustan.					
A ♂	28,8 $\pm$ 0,8	33,8	19,7	28,5	20,8
J ♂	28,2 $\pm$ 2,0	33,3	19,7	27,4	19,6
V ♂	27,0 $\pm$ 1,1	32,5	19,0	26,6	19,5
B ♂	26,8 $\pm$ 1,1	30,8	19,3	26,4	18,9
D <sub>4</sub> ♂	26,6 $\pm$ 2,4	30,7	17,9	26,0	19,4
D <sub>5</sub> ♂	26,4 $\pm$ 2,0	30,9	17,2	23,5	19,4
Moyenne	27,4 $\pm$ 2,0	32,0	18,8	26,4	19,6
A ♀					
J ♀	30,4 $\pm$ 2,1	35,0	21,0	28,6	22,4
V ♀	28,6 $\pm$ 1,7	32,6	20,2	26,6	20,3
B ♀	28,0 $\pm$ 0,9	32,0	20,4	27,4	20,2
D <sub>4</sub> ♀	26,4 $\pm$ 0,9	30,6	20,3	26,4	19,8
D <sub>5</sub> ♀	26,2 $\pm$ 2,1	30,4	19,2	26,2	19,5
D <sub>5</sub> ♀	26,0 $\pm$ 1,4	30,6	16,3	24,3	16,8
Moyenne	27,6 $\pm$ 1,8	31,8	19,6	26,6	19,8
Moyenne générale	27,5	31,9	19,2	26,5	19,7
2° Autres types jaune indigène français :					
Agniel n° 1	26,2	33,8	14,0		
Agniel n° 2	26,7	32,5	17,7		
Agniel n° 3	28,0	34,0	20,6		
Aloisi	28,8	34,6	21,2		
Auzas	27,1	31,5	17,5		
Durand	27,4	32,5	19,2		
Ferrand	28,4	32,8	19,4		
Jaumes	26,6	31,9	19,2		
Roustan n° 1	28,1	33,2	20,4		
Roustan n° 2	27,9	33,0	16,1		
Roustan n° 3	26,5	31,1	17,1		
Taxy n° 1	28,7	36,1	17,9		
Taxy n° 2	28,1	34,2	17,1		
Moyenne	27,6	33,2	18,3		

TABLEAU XXX. — Variations de la charge de rupture et de la ténacité de rupture des fibres de soie (moyennes en g).

Liste des élevages	Charge de rupture			Ténacité de rupture		
	Moyen. ( $\bar{x} \pm s$ )	Maximum	Minimum	Moyen. ( $\bar{x} \pm s$ )	Maximum	Minimum
J ♂	11,0 $\pm$ 1,4	14,8	5,3	3,52 $\pm$ 0,17	3,00	3,27
V ♂	10,2 $\pm$ 0,8	14,6	4,1	3,42 $\pm$ 0,17	3,69	3,10
B ♂	10,4 $\pm$ 1,2	13,9	5,6	3,71 $\pm$ 0,24	4,02	3,36
D <sub>4</sub> ♂	10,1 $\pm$ 1,8	14,4	3,5	3,86 $\pm$ 0,24	4,15	3,43
D <sub>5</sub> ♂	9,7 $\pm$ 1,6	14,2	3,4	3,75 $\pm$ 0,36	4,18	3,34
Moyenne	10,3 $\pm$ 1,4	14,4	4,4	3,65 $\pm$ 0,25	3,97	3,30
J ♀	11,7 $\pm$ 0,9	15,9	5,0	3,35 $\pm$ 0,19	3,77	3,14
V ♀	10,9 $\pm$ 1,4	13,6	6,2	3,51 $\pm$ 0,18	3,79	3,30
B ♀	10,6 $\pm$ 1,2	14,3	5,8	3,56 $\pm$ 0,23	3,94	3,16
D <sub>4</sub> ♀	9,8 $\pm$ 1,8	14,0	4,2	3,93 $\pm$ 0,20	4,26	3,67
D <sub>5</sub> ♀	9,2 $\pm$ 0,8	13,9	2,6	3,67 $\pm$ 0,09	3,75	3,55
Moyenne	10,4 $\pm$ 1,6	14,3	4,8	3,52 $\pm$ 0,19	3,90	3,36
Moyen. générale.	10,34	14,4	4,6	3,59	3,94	3,33

TABLEAU XXIX. — Variations du titre des baves (moyennes en deniers).

Liste des élevages	Titre moyen ( $\bar{x} \pm s$ )	Titre maximum	Titre minimum
1° Ascoli Roustan :			
A ♂	3,4 $\pm$ 0,3	4,8	1,5
I ♂	3,0 $\pm$ 0,4	4,0	1,3
V ♂	2,9 $\pm$ 0,2	3,8	1,2
B ♂	2,8 $\pm$ 0,3	3,6	1,3
D <sub>4</sub> ♂	2,4 $\pm$ 0,4	3,5	1,0
D <sub>5</sub> ♂	2,4 $\pm$ 0,4	3,4	0,8
Moyenne	2,8 $\pm$ 0,4	3,9	1,2
A ♀			
I ♀	3,4 $\pm$ 0,3	4,3	1,6
V ♀	3,0 $\pm$ 0,3	3,7	1,8
B ♀	3,0 $\pm$ 0,3	3,7	1,6
D <sub>4</sub> ♀	2,4 $\pm$ 0,4	3,6	0,9
D <sub>5</sub> ♀	2,4 $\pm$ 0,2	3,4	0,6
Moyenne	2,9 $\pm$ 0,5	3,9	1,3
Moyenne générale	2,9	3,9	1,3
2° Autres types jaune indigène français :			
Agniel n° 1	3,8	5,1	1,6
Agniel n° 2	3,3	4,3	1,6
Agniel n° 3	3,9	5,0	1,9
Aloisi	3,4	4,5	1,6
Auzas	3,1	4,2	1,6
Durand	3,2	4,2	1,7
Ferrand	3,3	4,3	2,0
Jaumes	3,3	4,3	1,9
Roustan n° 1	3,5	4,5	2,0
Roustan n° 2	3,3	4,5	1,3
Roustan n° 3	3,2	4,1	1,5
Taxy n° 1	3,3	4,4	1,6
Taxy n° 2	3,6	4,7	1,8
Moyenne générale	3,4	4,5	1,7
3° Croisements japonais à cocons blancs :			
FO	2,6	3,4	1,2
KY	2,8	3,7	1,3
3,9 $\times$ I,2	3,3	4,0	1,9
2,8 $\times$ A3	3,1	3,9	1,8
M3 $\times$ M5	3,4	4,2	1,8
(N 122 $\times$ Shûoh) Tosui	2,4	3,0	1,3
Moyenne générale	2,9	3,7	1,6

TABLEAU XXXI. — Variations de l'allongement de rupture des fibres de soie.  
(Moyennes en p. 100 de la longueur primitive.)

Liste des élevages	Moyenne ( $\bar{x} \pm s$ )	Maximum	Minimum
J ♂	26,5 $\pm$ 1,2	36,0	13,6
V ♂	25,1 $\pm$ 2,3	33,9	11,0
B ♂	28,6 $\pm$ 2,9	37,4	16,9
D <sub>4</sub> ♂	27,5 $\pm$ 1,3	30,7	12,1
D <sub>5</sub> ♂	26,6 $\pm$ 2,7	34,8	11,4
Moyenne	26,8 $\pm$ 2,2	35,8	13,0
I ♀	25,9 $\pm$ 1,7	35,8	14,0
V ♀	25,9 $\pm$ 2,3	34,4	15,8
B ♀	29,7 $\pm$ 2,4	38,0	16,8
D <sub>4</sub> ♀	26,2 $\pm$ 2,9	36,3	13,0
D <sub>5</sub> ♀	24,1 $\pm$ 1,8	33,8	9,3
Moyenne	26,4 $\pm$ 2,8	35,7	13,8
Moyenne générale	26,6	35,8	13,4

TABLEAU XXXII

*Variations des propriétés dynamométriques des fibres de soie  
au niveau du point d'inflexion (moyennes).*

Liste des élevages	Charge en g ( $\bar{x} \pm s$ )	Coefficient de charge utile (%)	Ténacité spécifique (g)	Allongement en % de la longueur primitive ( $\bar{x} \pm s$ )	Coefficient d'allon- gement (%)	Coefficient d'allon- gement élastique
J ♂ .....	5,0 $\pm$ 0,4	45,0	1,65	3,0 $\pm$ 0,4	10,6	49,6
V ♂ .....	4,6 $\pm$ 0,3	43,8	1,56	2,7 $\pm$ 0,2	10,3	50,8
B ♂ .....	4,1 $\pm$ 0,3	39,2	1,50	3,0 $\pm$ 0,3	9,8	61,6
D <sub>4</sub> ♂ .....	4,6 $\pm$ 0,6	46,4	1,82	2,7 $\pm$ 0,5	10,8	60,1
D <sub>5</sub> ♂ .....	4,5 $\pm$ 0,8	48,1	1,87	3,1 $\pm$ 0,4	13,0	61,4
Moyenne .....	4,6 $\pm$ 0,5	44,5	1,68	2,0 $\pm$ 0,3	10,9	56,7
J ♀ .....	5,4 $\pm$ 0,3	45,7	1,59	3,2 $\pm$ 0,2	12,1	49,0
V ♀ .....	5,0 $\pm$ 0,6	46,5	1,63	3,0 $\pm$ 0,2	12,4	49,9
B ♀ .....	4,2 $\pm$ 0,6	38,4	1,42	2,7 $\pm$ 0,4	8,4	53,0
D <sub>4</sub> ♀ .....	4,5 $\pm$ 0,8	48,0	1,95	2,8 $\pm$ 0,5	11,8	56,0
D <sub>5</sub> ♀ .....	4,7 $\pm$ 0,3	49,9	1,90	3,1 $\pm$ 0,7	14,4	58,0
Moyenne .....	4,7 $\pm$ 0,5	45,7	1,70	3,0 $\pm$ 0,3	11,8	53,2

TABLEAU XXXIII

*Variations de la teneur en sérécine des fibres de soie (moyennes en p. 100).*

Liste des élevages	Taux moyen ( $\bar{x} \pm s$ )	Taux maximum	Taux minimum
A ♂ .....	27,0 $\pm$ 1,8	35,5	22,5
J ♂ .....	27,1 $\pm$ 1,9	33,1	21,1
V ♂ .....	29,5 $\pm$ 1,7	39,2	24,2
B ♂ .....	28,6 $\pm$ 3,0	36,3	23,2
D <sub>4</sub> ♂ .....	29,8 $\pm$ 2,3	37,7	24,8
D <sub>5</sub> ♂ .....	30,9 $\pm$ 4,2	40,9	25,2
Moyenne .....	28,8 $\pm$ 3,1	37,1	23,5
A ♀ .....	28,6 $\pm$ 2,6	36,2	21,4
J ♀ .....	28,4 $\pm$ 0,8	37,7	23,6
V ♀ .....	28,8 $\pm$ 3,3	37,5	23,4
B ♀ .....	28,9 $\pm$ 3,1	37,2	24,0
D <sub>4</sub> ♀ .....	29,7 $\pm$ 2,2	37,9	25,3
D <sub>5</sub> ♀ .....	29,7 $\pm$ 1,9	36,0	23,8
Moyenne .....	29,0 $\pm$ 2,8	37,1	23,6
Moyenne générale .....	28,9 $\pm$ 3,0	37,1	23,6

TABLEAU XXXIV

*Coefficient de variabilité des caractères de la fibre de soie  
à l'intérieur d'un même cocon (s en p. 100 de la moyenne).*

Liste des élevages et des cocons	Titre	Diamètre	Taux de sérécine	Charge de rupture	Allongement de rupture	Ténacité de rupture
J ♂ n° 1 .....	39,3	10,6	10,4	37,4	18,0	25,1
2 .....	24,4	11,2	15,7	21,7	22,9	7,8
3 .....	30,3	11,8	15,3	29,1	30,2	10,7
5 .....	46,4	14,5	11,3	45,1	18,3	8,0
9 .....	33,9	9,5	13,6	25,8	20,0	12,9
Moyenne .....	34,9	11,5	13,3	31,8	21,9	12,9
J ♀ n° 11 .....	17,1	6,2	16,4	20,3	14,5	10,7
12 .....	47,2	14,9	12,6	50,0	26,0	7,4
15 .....	19,4	7,7	14,3	29,2	19,6	10,6
17 .....	20,7	9,7	13,2	22,1	12,1	9,4
18 .....	50,3	21,3	12,5	55,0	23,9	12,2
Moyenne .....	30,9	12,0	13,8	35,3	19,2	10,1
B ♂ n° 0 .....	37,8	7,5	15,3	30,7	12,3	10,3
9 .....	10,7	3,6	10,2	8,5	4,7	12,2
15 .....	46,9	17,5	17,3	37,9	22,5	11,9
20 .....	25,8	7,5	12,6	26,7	15,1	7,2
33 .....	36,9	10,0	11,7	36,5	17,8	9,5
Moyenne .....	31,6	9,2	13,4	28,1	14,5	10,2
B ♀ n° 10 .....	17,6	10,4	14,7	13,6	12,4	8,6
16 .....	41,7	12,4	13,4	10,8	24,7	6,9
17 .....	6,6	4,0	10,6	6,7	9,0	8,2
32 .....	9,4	4,6	11,5	10,6	10,6	6,9
57 .....	39,7	11,3	9,8	34,3	17,0	7,8
Moyenne .....	23,0	8,5	12,0	15,2	14,7	7,7

TABLEAU XXXV

*Coefficient de variabilité des caractères de la fibre de soie à l'intérieur d'un  
même cocon. (Suite et fin.) (s en p. 100 de la moyenne.)*

Liste des élevages et des cocons	Charge au point d'inflexion	Allongement au point d'inflexion	Coefficient de charge utile	Ténacité spécifique	Coefficient d'allongement élastique
J ♂ n° 1 .....	33,4	22,1	15,0	14,1	29,0
2 .....	38,5	32,5	14,2	13,8	22,4
3 .....	23,8	35,1	18,6	14,1	20,6
5 .....	36,3	31,2	16,5	12,6	28,6
9 .....	15,2	26,0	12,4	8,0	30,0
Moyenne .....	29,4	29,3	15,3	12,5	26,1
J ♀ n° 11 .....	24,1	28,9			
12 .....	63,2	40,1			
15 .....	21,8	26,9			
17 .....	15,9	21,3			
18 .....	75,9	32,6			
Moyenne .....	38,1	29,9			
B ♂ n° 0 .....	35,6	18,5			
9 .....	16,5	21,8			
15 .....	31,6	49,2			
20 .....	34,0	20,3			
33 .....	27,5	25,6			
Moyenne .....	29,0	27,1			
B ♀ n° 10 .....	14,1	20,1			
16 .....	42,0	33,3			
17 .....	9,4	24,0			
32 .....	20,3	19,0			
57 .....	45,2	36,0			
Moyenne .....	26,2	26,4			

TABLEAU XXXVI

*Coefficient de variabilité des caractères de la fibre de soie  
entre cocons d'un même lot et entre lots (s en p. 100 de la moyenne).*

Caractères	Lots mâles						Lots femelles					
	J	V	B	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	Moy.	J	V	B	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	Moy.
Diamètre .....	7,3	4,1	4,0	9,2	7,7	6,5	6,1	3,2	3,5	8,1	5,3	5,2
Titre .....	12,3	6,2	12,7	16,7	18,7	13,3	9,3	9,3	8,8	18,9	10,8	11,4
Taux de séricine....	7,1	5,6	10,5	7,6	13,1	8,8	2,9	11,4	10,3	7,2	6,3	7,6
Charge de ruoture ..	13,0	7,7	11,7	17,8	16,8	13,4	8,2	12,6	11,6	18,6	8,9	12,0
Allongement de rupture .....	4,7	9,4	10,0	4,8	10,3	7,8	6,7	8,8	8,0	11,0	7,4	8,4
Ténacité de rupture .....	4,9	5,0	6,4	6,3	9,5	6,4	5,7	5,2	6,5	5,2	2,6	5,0
Charge de rupture au point d'inflexion..	7,9	6,7	7,8	13,1	18,7	10,8	6,4	11,1	13,7	17,3	7,2	11,1
Allongement de rupture au point d'inflexion .....	12,0	6,0	9,0	17,0	13,2	11,4	7,5	7,1	14,5	16,5	3,5	9,8
Taux de lousiness...	12,4	5,6	11,9	10,6	14,3	11,0	12,4	16,8	17,4	6,0	2,5	11,0

TABLEAU XXXVII

*Corrélations entre les caractères, pris deux à deux le long d'une même fibre.*

Caractères en corrélation	J ♂ (n = 179)	J ♀ (n = 156)	B ♂ (n = 150)	B ♀ (n = 131)	J+B (n = 616)
Titre et diamètre .....	0,890 +++	0,902 +++	0,871 +++	0,896 +++	0,890 +++
Titre et charge de rupture ..	0,951 +++	0,930 +++	0,938 +++	0,952 +++	0,943 +++
Titre et allongement de rupture .....	0,706 +++	0,628 +++	0,723 +++	0,651 +++	0,679 +++
Titre et ténacité de rupture ..	-0,403 +++	-0,380 +++	-0,480 +++	-0,418 +++	-0,424 +++
Diamètre et charge de rupture .....	0,881 +++	0,906 +++	0,837 +++	0,881 +++	0,877 +++
Diamètre et allongement de rupture .....	0,706 +++	0,560 +++	0,560 +++	0,592 +++	0,609 +++
Diamètre et ténacité de rupture .....	-0,254 ++	-0,258 ++	-0,367 +++	-0,292 ++	-0,294 ++
Charge de rupture et allongement de rupture .....	0,784 +++	0,680 +++	0,781 +++	0,688 +++	0,737 +++
Charge de rupture et ténacité de rupture .....	-0,102 —	0,429 +++	-0,147 —	-0,121 —	0,050 —
Charge de rupture et charge au point d'inflexion .....	0,840 +++	0,918 +++	0,816 +++	0,836 +++	0,851 +++
Allongement de rupture et ténacité de rupture .....	0,049 —	0,305 ++	-0,052 —	-0,073 —	0,063 —
Allongement de rupture et allongement au point d'inflexion .....	0,315 ++	0,345 +++	0,201 +	0,404 +++	0,317 ++
Charge au point d'inflexion et allongement au point d'inflexion .....	0,507 +++	0,474 +++	0,304 ++	0,647 +++	0,485 +++
Taux de séricine et titre ...	-0,309 ++	-0,413 +++	-0,299 ++	-0,307 ++	-0,332 +++
Taux de séricine et diamètre ..	-0,300 ++	-0,420 ++	-0,325 +++	-0,297 ++	-0,342 +++
Taux de séricine et charge de rupture .....	-0,284 ++	-0,473 ++	-0,428 +++	-0,329 +++	-0,380 +++
Taux de séricine et allongement de rupture .....	-0,203 +	-0,200 +	-0,403 +++	-0,308 ++	-0,272 ++



TABLEAU XXXVIII

*Corrélations dans les groupes entre les caractères de la fibre de soie pris deux à deux.*

Caractères en corrélation	Dans les 6 lots ♂	Dans les 6 lots ♀	Dans les 12 lots
Poids et longueur .....	0,831 +++	0,841 +++	0,836 +++
Poids et titre .....	0,314 ++	0,480. +++	0,394 +++
Poids et diamètre .....	0,528 +++	0,574 +++	0,551 +++
Poids et charge de rupture .....	0,412 ++	0,595 +++	0,502 +++
Poids et allongement de rupture .....	— 0,130 —	0,021 —	— 0,055 —
Poids et charge au point d'inflexion .....	0,419 +++	0,456 +++	0,437 +++
Poids et allongement au point d'inflexion ..	— 0,067 —	0,229 +	0,079 —
Longueur et titre .....	0,482 +++	— 0,446 +++	— 0,463 +++
Longueur et diamètre .....	— 0,140 —	— 0,412 ++	— 0,268 ++
Longueur et charge de rupture .....	— 0,091 —	0,130 —	0,018 —
Longueur et charge au point d'inflexion ..	0,021 —	0,078 —	0,049 —
Longueur et allongement au point d'inflexion	— 0,136 —	0,128 —	— 0,005 —
Titre et diamètre .....	0,695 + + +	0,744 + + +	0,719 + + +
Titre et charge de rupture .....	0,873 +++	0,423 ++	0,651 +++
Titre et charge au point d'inflexion .....	0,756 +++	0,711 +++	0,734 +++
Titre et rendement en soie .....	0,222 +	0,332 +++	0,272 ++
Diamètre et charge de rupture .....	0,618 +++	0,771 +++	0,694 +++
Diamètre et charge au point d'inflexion ...	0,722 +++	0,656 +++	0,689 +++
Diamètre et rendement en soie .....	0,530 +++	0,463 +++	0,497 +++
Charge de rupture et allongement de rupture	0,473 +++	0,425 ++	0,449 +++
Charge de rupture et charge au point d'in-			
flexion .....	0,680 +++	0,699 +++	0,689 +++
Charge de rupture et rendement en soie ..	0,333 +	0,425 ++	0,378 +++
Allongement de rupture et rendement en soie	— 0,151 —	— 0,234 +	— 0,192 —
Charge au point d'inflexion et allongement			
au point d'inflexion .....	0,246 +	0,495 +++	0,349 ++
Taux de sérécine et poids .....	— 0,365 +	— 0,273 +	— 0,320 ++
Taux de sérécine et longueur .....	— 0,253 +	— 0,151 —	— 0,203 —
Taux de sérécine et titre .....	— 0,290 +	— 0,302 +	— 0,296 ++
Taux de sérécine et diamètre .....	— 0,184 —	— 0,298 +	— 0,240 +
Taux de sérécine et charge de rupture ....	— 0,337 +	— 0,324 +	— 0,331 ++
Taux de sérécine et allongement de rupture	— 0,253 +	0,036 —	— 0,110 —
Taux de sérécine et charge au point d'inflexion	— 0,899 +++	— 0,353 +	— 0,629 +++
Taux de sérécine et allongement au point			
d'inflexion .....	— 0,381 ++	— 0,150 —	— 0,268 ++
Taux de sérécine et rendement en soie ....	— 0,273 +	— 0,099 —	— 0,187 —

## TABLEAU XXXIX

*Corrélations dans les groupes entre les caractères morphologiques du cocon et ceux de la fibre de soie, pris deux à deux.*

Caractères en corrélation	Dans les 6 lots ♂	Dans les 6 lots ♀	Dans les 12 lots
Poids du cocon et poids de la fibre .....	0,919 +++	0,916 +++	0,918 +++
Poids du cocon et titre de la fibre .....	0,211 +	0,336 +++	0,278 ++
Poids du cocon et diamètre de la fibre ...	0,417 ++	0,541 +++	0,478 +++
Poids du cocon et charge de rupture de la fibre .....	0,378 ++	0,602 +++	0,489 +++
Poids du cocon et allongement de rupture de la fibre .....	— 0,089 —	0,192 —	0,050 —
Poids du cocon et charge au point d'inflexion de la fibre .....	0,324 ++	0,365 ++	0,344 +++
Poids du cocon et allongement au point d'inflexion de la fibre .....	— 0,004 —	0,188 —	0,091 —
Poids de la coque et titre de la fibre ...	0,278 ++	0,443 +++	0,365 +++
Poids de la coque et diamètre de la fibre.	0,417 ++	0,504 +++	0,460 +++
Poids de la coque et charge de rupture de la fibre .....	0,389 ++	0,594 +++	0,490 +++
Poids de la coque et allongement de rupture de la fibre .....	— 0,100 —	0,166 —	0,032 —
Poids de la coque et charge au point d'inflexion de la fibre .....	0,329 ++	0,366 ++	0,347 +++
Poids de la coque et allongement au point d'inflexion de la fibre .....	— 0,001 —	0,178 —	0,087 —
Taux de séricine de la fibre et poids du cocon	— 0,349 ++	— 0,347 ++	— 0,348 +++
Taux de séricine de la fibre et poids de la coque .....	— 0,408 ++	— 0,294 +	— 0,352 +++
Taux de séricine de la fibre et richesse soyeuse du cocon .....	— 0,383 ++	— 0,119 —	— 0,252 +
Cotation du lousiness et poids du cocon ..	— 0,223 +	— 0,076 —	— 0,152 —
Cotation du lousiness et poids de la coque	— 0,301 ++	— 0,283 ++	— 0,292 ++
Cotation du lousiness et épaisseur de la coque	— 0,412 +++	— 0,251 +	— 0,334 +++
Cotation du lousiness et richesse soyeuse ..	— 0,383 +++	— 0,386 +++	— 0,384 +++

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme. — A general report of sericultural investigations. *The Imp. Seric. Institute*, 1910.
- Anonyme. — Manuel Standard d'Essais et de Classification de la soie grège. *Recueil des règlements de l'Assoc. Int. de la Soie*, Lyon, 1952.
- Anonyme. — Description et mode d'emploi pour Dynamomètre Schopper en vue de mesurer la résistance des fibres. *Dactyl.*, VEB Werkstoffprüfmaschinen, Leipzig, 1954.
- Anonyme. — Measurement of strength of fibres and yarns. *Wool Sci. Rev.*, n° 15, p. 26-38, mars 1956.
- ABELOOS (M.). — Etude comparative de la croissance dans deux espèces de *Timarcha* (Coléoptères chrysomélides). *Travaux de la Stat. Zool. de Wimeroux*, XIII, 1938.
- ALLEGRET (P.). — Etude des glandes séricigènes des larves de Lépidoptères. Leur rôle dans la physiologie du développement (*Thèse*), Paris 1956.
- ALLEGRET (P.), FRAISSE (R.). — Etude expérimentale de l'étirement, facteur conditionnant le diamètre et la régularité du fil de soie de *Bombyx mori* L. ; critique du rôle de l'appareil fileur de la chenille (*en préparation*), 1958.
- ANOUTCHINE (A. V.). — Variabilité et génétique des cocons de *Bombyx mori* (en russe). *Stat. Rech. Séri.*, Moscou, I, 3, p. 1-62, 1926.
- ANOUTCHINE (A. V.). — Recherches sur les accroissements en longueur et poids de la chenille à soie du mûrier (en russe). *Inst. Transcaucasien de Rech. Sci. pour la Séri. et la Soie*, Tiflis, Fas. II, 1931.
- ANOUTCHINE (A. V.). — Les méthodes de la définition de la quantité de soie d'après les caractères extérieurs du cocon. *Boll. R. Staz. Sper. Gels. Bac.*, Ascoli-Piceno, 2-3, p. 52, 1931.
- AOKI (M.), YAMAMOTO (A.). — Studies on the phosphorus nutrition of the mulberry tree. I. On variations of the phosphorus content of mulberry leaves in relation to their maturity, races and the form of phosphorus compounds (en japonais). *Bull. of the Fac. of Text. Fibers Kyoto*, vol. I, n° 2, p. 223-33, 1955.
- ARSENIÉV. — Effet nutritif et composition chimique de la nourriture des vers à soie du mûrier et du chêne (en russe). *Bull. Inst. Ped.*, Moscou, 34, 5, 1946.
- BALLI (A.). — Sulla curva di sviluppo di varie razza orientali di bachi da seta. *Boll. Zool.*, 5, p. 173-91, 1934.
- BALLI (A.). — Influenza della inanizione sui caratteri del bozzolo di *Bombyx mori* L. *Atti soc. dei natur. e matem. di Modena*, vol. LXIX, 1937.
- BARONI (G.). — La produzione di sericina nei primi tratti di bava emessi dal baco. Lunghezza e titolo della bava che costituisce la spelaia. *Boll. Uff. della Staz. Sper. per la Seta*, Anno III, n° 5 p. 82-4, ottobre 1933.
- BARONI (G.). — Sulla distribuzione della sericina nella bava del baco da seta domestico. *Boll. R. Staz. Sper. per la Seta*, Milano, vol. III, n° 5, p. 101, 1933.
- BEAUMONT (C.). — Lois de la croissance larvaire chez quelques coléoptères. *C. R. Acad. Sci.*, p. 331, 1944.
- BERGEN (V.), KRAUSS. — Textile Fiber Atlas. V. Silk Rayon Text. *Monthly*, 21, p. 349-53, 1940.
- BERGMANN (W.). — The natural pigments of silk. *Textile Research*, 9, p. 397, 1939.

- BERGMANN (W.). — Relations between the food and silk of silkworms. *Textile Research*, vol. 10, p. 462-75, 1940.
- BERTRAND (G.), ROSENBLATT (M.). — Sur les variations de la teneur en manganèse des feuilles avec l'âge. *C. R. Acad. Sci.*, p. 491, 13 fév. 1922.
- BIALASZEWICZ (K.). — Recherches sur le métabolisme chimique et énergétique au cours du développement des insectes. III. Sur l'alimentation du ver à soie (*B. m.*) pendant la dernière période de sa croissance (en polonais avec résumé en français). *Acta biologiae Experimentalis*, Varsovie, vol. 10, 1937.
- BONNET (voir TEISSIER G., 1931).
- BOSSUYT (V.). — Étude de la structure et des propriétés mécaniques de la fibre de lin. *Thèse*, Lille, 1941.
- BOUNHIOL (J. J.). — Recherches expérimentales sur le déterminisme de la métamorphose chez les Lépidoptères. *Thèse, Suppl. au Bull. Biol. de France et de Belgique*, 24, p. 1-199, 1938.
- BOUNHIOL (J. J.). — Contribution à l'étude de la croissance linéaire du ver à soie (*Bombyx mori* L.). *Actes du VII<sup>e</sup> Congr. Séri. Int.*, Alès, Rapport XV, p. 119-26, 1948.
- BOUNHIOL (J. J.). — Croissance et longueur des vers à soie nourris avec du mûrier et des vers nourris avec des succédanés. *Rev. du Ver à Soie*, I, vol. II, p. 17, 1950.
- BRADFIELD (J. R. G.). — Phosphatases and nucleic acids in silk glands, cytochemical aspects of fibrillar protein secretion. *Quart. J. Micr. Sci. G. B.*, 92, n° 1, 87-112, 1951.
- BRESCI (G. M.). — Variazione di vitamina C nella foglia di gelso. *Notiziario della Stazione Bac. Sper.*, Padova, n° 8, 1951.
- BUONOCORE (C.). — Il fiocchetto nelle sete e lo sfibrillamento nei bozzoli. *An. Sper. Agr.*, Roma, 1952.
- BUONOCORE (C.). — Il fiocchetto nelle sete e lo sfibrillamento nei bozzoli. Nota II. *An. Sper. Agr.*, Roma, 1953.
- BUONOCORE (C.). — Seta : quantità o qualità. *Riv. Tes. Ital.*, n° 8, p. 893-4, 1954.
- BUONOCORE (C.). — Tentatives de sélection dans le but de supprimer le perlage. *Conf. Tech. Séri. Int.*, Alès, 17-18-19 mai 1955.
- BUONOCORE (C.). — Nature e cause biologiche dello sfibrillamento del filo serico. *An. Sper. Agr.*, 1955.
- BUSNEL (R. G.). — Études physiologiques sur le *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Thèse de Doctorat*, Paris, Imp. Bussières, Ed. 1939.
- CALUGAREANU (D.). — Eine funktionelle Eigentümlichkeit der Spinndrüse des Seidenspinners (*Bombyx mori*). *Zeitschr. f. Vergl. Physiol.*, 13, 223-30, 1931.
- CARBONI (P.). — Chimica e tecnologia della seta. Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1947.
- CARESCHÉ (L.). — La production de la soie grège au Japon. 1944. *L'Agronomie Tropicale*, 4, 1952.
- CHAUVIN (R.). — Physiologie de l'insecte. *I. N. R. A.*, 7, rue Keppler, Paris 16<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> éd., 1956.
- CHEN SHIH YI. — Analyse de quelques caractères quantitatifs des vers à soie. *Actes du VII<sup>e</sup> Congr. Séri. Int.*, Alès, Rapport XXIV, p. 195-207, 1948.
- CHEVALLAR (G.). — Contribution à l'étude chimique du ver à soie. (*Thèse*), Lyon, 1928.
- CHIANG (T. C.). — Analyse préliminaire sur les relations existant entre le poids des larves, des pupes et des cocons, et le pourcentage de richesse soyeuse chez le ver à soie (en chinois). *Bull. Inst. Séri. Chinois*, vol. I, n° 1, 1941.
- CHIANG (T. C.). — Sur la croissance, l'ingestion, l'excrétion et la digestion chez *Bombyx mori* (en chinois). *Bull. Inst. Séri. Chinois*, vol. I, n° 2, 1942.
- CHROUSTALF. — Quantité de glucides produite dans la ténille de *Morus alba* (en russe). *Fac. Mosc. Inst. Péd.*, 3, 1938.

- COLOMBO (G.). — Sulla densità della seta cruda e sgommata. Laboratorio di studi ed esperienze sulla seta, Milano. *Relazione sull'attività del laboratorio*, p. 87, 1915.
- COLOMBO (G.), BARONI (G.). — Esame di seta tratte da bozzoli provenienti da coltivazioni autunnali. Laboratorio di studi ed esperienze sulla seta, Milano. *Relazione sull'attività del laboratorio*, p. 48, 1917-18.
- COLOMBO (G.). — La composizione della seta in rapporto all'alimentazione della larva. *Boll. Uff. R. Staz. Sper. per la Seta*, Milano, n° 4, p. 65, 1933.
- COLOMBO (G.). — Correlazione fra il titolo e il contenuto in sericina della bava. *Staz. per la Seta*, fev. 1933.
- COLOMBO (G.). — Su alcune modificazioni indotte nei caratteri fisici e chimici della seta dall'inanizione della larva. *Boll. Uff. R. Staz. Sper. per la Seta*, Milano, n° 1, p. 22, 1933.
- COLOMBO (G.). — Analyse comparative de la feuille du mûrier et des autres feuilles. *Boll. Uff. Staz. Sper. per la Seta*, Milano, n° 3, p. 57, 1934.
- COLOMBO (G.). — Appunti di tecnologia e merceologia serica. 1<sup>re</sup> partie. *Ufficio Tecnico Industrie Tessili*, Milano, 1945.
- COLOMBO (G.). — Appunti di tecnologia e merceologia serica. II. *Ufficio Tecnico Industrie Tessili*, Milano, 1947.
- COMMENGE (M.), OJEDA (E.). — Sobre el metabolismo del *Bombyx mori*. I. Antecedentes y composición global. *Rev. Esp. Fisiol.*, n° 3, p. 145-64, 1947.
- COMMENGE (M.), OJEDA (E.). — Sobre el metabolismo del *Bombyx mori* L. II. Materia seca y agua. *Rev. Esp. Fisiol.*, n° 3, p. 351-70, 1947.
- COMMENGE (M.), OJEDA (E.). — Sobre el metabolismo del *Bombyx mori* L. III. Glucidos y lípidos. *Rev. Esp. Fisiol.*, vol. IV, n° 1-2, p. 109-16, 1948.
- COMMENGE (M.), OJEDA (E.). — Sobre el metabolismo del *Bombyx mori* L. IV. Metabolismo de protidos. *Rev. Esp. Fisiol.*, vol. IV, n° 1-2, p. 117-20, 1948.
- COMMENGE (M.), GERPE (M.), DEANGUEL BENZU. — Le métabolisme des oligo-éléments dans une larve herbivore. *Bull. Soc. Chimie, Biol., Fr.*, **31**, n° 11-12, 1949.
- COMMENGE (M.), GERPE (M.), LORENZO (A.), OJEDA (E.). — Sobre el metabolismo del *Bombyx mori*. V. Balance nitrogenado. *Rev. Esp. Fisiol.*, vol. VI, n° 3, p. 157, 1950.
- COMMENGE (M.), GERPE (M.), DEANGUEL BENZU. — El metabolismo del *Bombyx mori* L. VII. Oligoelementos. *Rev. Esp. Fisiol.*, vol. VII, n° 2, p. 143-51, 1951.
- CUENCA (de). — A microtome for use in measuring fineness of wool fibres by transverse sections. *Journ. of the Text. Inst.*, vol. 43, n° 9, p. 729-33, 1952.
- DAVYS, SAMYER. — Variation journalière de la teneur de la feuille de pomme de terre. *J. of Agr. Sci.*, VII, p. 352, 1916.
- DEMIANOVSKI (S.), PROKOFIEVA (E.), FILIPPOVA (L.). — Influence du degré de maturité des feuilles de mûrier sur la vitalité des vers et la qualité des cocons (en russe). *Zool. Journ. Moscou*, vol. XII, fasc. 1, p. 1-32, 1933.
- DEMIANOVSKI (S.), GALTZOVA (R.), ROJDESTVENSKAIA (V.). — Acidité active du suc des feuilles de mûrier (en russe). *Sovietskaia Botanica*, n° 1, 1935.
- DEMIANOVSKI (S.), PROKOFIEVA (E.), FILIPPOVA (L.). — Emploi du pH pour le contrôle du degré de maturité des feuilles de mûrier (en russe). *Sovietskaia Botanica*, n° 2, 1935.
- DEMIANOVSKI (S.), DOMAN (N. G.). — Modification de la composition chimique des feuilles de mûrier en fonction de l'âge (en russe). *Biokhimiia*, vol. 9, n° 6, 1944.
- DEMIANOVSKI (S.), FILIPPOVITCH (J. B.). — Rapport des protéines et des acides aminés de l'hémolymphe et de la synthèse des protéines de la soie dans l'organisme de l'*Antheraea pernyi* G. *Chaire de Chimie organique et biologique de l'Inst. Péd. de Moscou, Biokhimiia*, **15**, 5, p. 437-43, 1950.



- DEMIANOVSKI (S.), NEFEDOVA (V. A.), KONDRATIENKO (V. K.). — Propriétés nutritives des feuilles de bouleau utilisées par l'*Antheraea pernyi* suivant l'espèce, l'âge et les conditions de vie de cet arbre (en russe). *C. R. Akad. Agri URSS*, **6**, 1951.
- DENHAM (W. S.), LONSDALE (T.). — The tensile properties of silk filaments. *Trans. Faraday Soc.*, **29**, 305-16, 1933.
- DENUCE (J. M.). — Étude quantitative de l'acide ribonucléique dans les glandes séricigènes chez *Bombyx mori* L. *Biochimica et Biophysica acta*, vol. 8, 1952.
- DENUCE (J. M.). — Recherches sur le système phosphatasique des glandes séricigènes chez le ver à soie (*Bombyx mori*). *Expérimentia*, Bâle, 15 fév. 1952.
- DUSEIGNEUR (K.). — Le cocon de soie. *Rothschild Ed.*, Paris, 1875.
- DUSUZEAU (J.). — Laboratoire d'études de la soie. 1<sup>re</sup> année. Lyon, Imp. Pitrat Aîné, 4, rue Gentil, p. 1-7, 1885.
- DUSUZEAU (J.). — Essais des baves. Laboratoire d'études de la soie. 2<sup>e</sup> année. Lyon, Imp. Pitrat Aîné, 4, rue Gentil, p. 47-50, 1886.
- DUSUZEAU (J.). — Essais de baves. Laboratoire d'études de la soie. 3<sup>e</sup> année. Lyon, Imp. Pitrat Aîné, 4, rue Gentil, p. 133-87, 1887.
- DUSUZEAU (J.). Laboratoire d'études de la soie. 4<sup>e</sup> année. Lyon, Imp. Pitrat Aîné, 4, rue Gentil, p. 16-33 et 149-216, 1888.
- DYAR (H. G.). The number of molts of Lepidopterous larvae. *Psyche*, V, 420-2, 1890.
- EFIMENKO. — The chemical composition of *Morus alba* L., *Morus nigra* L. Accumulation and transformation of substance in leaves of *Morus alba*. *Biokim. Kul'tur Rastemie*, **7**, 521, 1940.
- EVANS (A. C.). The utilisation of food by certain *Lepidoptera Larvae* *Trans. Roy. Entom. Soc.*, **89**, 13, 1939.
- FISHER (R. A.). — The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Ann. of Eugenics*, **7**, p. 179-88, 1936.
- FRAISSE (R.). — La méthode d'élevage précoce et rapide. *Actes du VII<sup>e</sup> Congr. Séri. Int.*, Alès, Rapport XXXI, p. 251-259, 1948.
- FRAISSE (R.), LAUDANSKI (F.). — Les variations de composition chimique de la feuille de mûrier en fonction de l'état physiologique de celle-ci et leurs conséquences en sériciculture. *C. R. Acad. Agr. Fr.*, n° 12, séance du 9 juillet 1952.
- FRAISSE (R.). — Variations physiques et chimiques des feuilles de *Morus alba* L. *Rev. du Ver à Soie*, II, vol. IV, n° 3-4, p. 99-124, 1952.
- FRAISSE (R.). — Alimentation et croissance de la larve chez *Bombyx mori* L. *Rev. du Ver à Soie*, vol. V, t. 1, p. 31-66, 1953.
- FRAISSE (R.). — La croissance de la tête chez la larve de *Bombyx mori* L. en fonction du régime alimentaire. *C. R. Acad. Sci.*, t. 236, p. 1613-4, 1953.
- FRAISSE (R.). — Alimentation et croissance des glandes séricigènes chez *Bombyx mori* L. au cours du dernier intermue. *Rev. du Ver à Soie*, t. III, vol. V, p. 137-53, 1953.
- FRAISSE (R.), FRAISSE (G.). — Alimentation des vers à soie avec des feuilles de laitue ; essai d'élevage en Normandie. *Note dactylographiée*, 1954.
- FRAISSE (R.). — Variations de la teneur en eau chez la larve de *Bombyx mori* L. au cours du dernier intermue. *Rev. Zool. Agr. et Appl.*, n° 4-6, p. 66-70, 1954.
- FRAISSE (R.), ARNOUX (J.). — Les caractères biométriques du cocon chez *Bombyx mori* L. et leurs variations sous l'influence de l'alimentation. *Rev. du Ver à Soie*, t. I, vol. VI, p. 43-62, 1954.
- FRAISSE (R.), ARNOUX (J.). — Les caractères biométriques des produits de filature du cocon de *Bombyx mori* L. et leurs variations sous l'influence de l'alimentation. *Bull. Inst. Text. de Fr.*, n° 55, p. 24-43, 1955.



- FRAISSE (R.), ALLEGRET (P.). — Modification expérimentale de la forme du cocon du ver à soie, *Bombyx mori* L. *Rev. Zool. Agr. et App.*, n° 10-12, p. 147-52, 1957.
- FUKUDA (T.). — On the relation between the pupation and the formation of silksubstances in the silkworm (*Bombyx mori* L.). *Bull. of the Seri. Expt. Stat. Tokyo*, vol. 13, n° 9 1951.
- FUKUDA (T.), KIRIMURA (J.), MATUDA (M.), SUZUKI (T.). — Biochemical studies on the formation of the silk protein. I. The kinds of free amino acids concerned in the biosynthesis of the silk protein. *J. Biochem.*, **42**, p. 341-46, 1955.
- FUKUDA (T.). — Biochemical studies on the formation of silk protein. III. The conversion of C14 labeled phenylalanine to tyrosine in the silkworm larva (*Bombyx mori*). *J. Biochem.*, **43**, 137-42, 1956.
- GALLESE (G.). — Tecnologia della seta. *Alberto Corticelli*, Milano 1950.
- GALLESE (G.). — Una nuova ipotesi sulla struttura fisico-chimica della seta. *Riv. Tes. Ital.*, n° 3, p. 65-71, 1951.
- GALLESE (G.). — De quelques problèmes intéressant l'industrie mondiale de la soie. *Rev. du Ver à Soie*, t. I, vol. IV, p. 59, 1952.
- GARREAU. — Nouvelles recherches sur la distribution des matières minérales fixes dans les divers organes des plantes. *C. R. Acad. Sci.*, n° 1, p. 26, 1860.
- GASPARIN (A.). — Éducation de vers à soie faite en automne avec des feuilles de mûrier au moment où elles jaunissent et se détachent de l'arbre. *Ann. Soc. Séri.*, n° 2, p. 114, 1838.
- GASPARIN (A.). — Cité par MAILLOT (E.) et LAMBERT (F.), 1906.
- GHIRLANDA (G.). — Sulle sostanze tanniche del *Morus alba*. *Ann della R. Staz. Sper. Bac. di Padova*, vol. XLIV, p. 359, 1924-25.
- GIER (U. O.). — Growth rate in the cockroach *P. a* (L.). *Ann. Entom. Soc. Amer.*, n° 40, p. 303-17, 1947.
- GOODINGS (A. C.), TUFL (L. H.). — Variations of shape and area of cross section in single silk filaments and their effects upon extensibility. *Journ. Text. Inst.*, **31**, p. 207-18, 1940.
- GRISON (P.). — Effets de la qualité de l'alimentation sur divers caractères physiologiques de deux lépidoptères. *C. R. Acad. Sci.*, t. 242, n° 3, p. 414-6, 16 janv. 1956.
- GRISON (P.). — Les facteurs alimentaires de la fécondité chez le Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (Col. Chrysomelidae). *Ann. Epiphyties*, n° 3, p. 305-81, 1957.
- GUICHERD (F.). — Cours de théorie de tissage. Ed. Sève, Lyon, 1946.
- GUIGAOURI (E. A.). — Valeur alimentaire et nutritive des feuilles de mûrier jeunes et adultes (en russe). *Travaux de la Stat. de Rech. Séri. de Tbilissi*, II, p. 115-25, 1955.
- HAEERLANDT. — Cité par ROSTAND (J.), dans : « La vie des vers à soie », p. 53, 1943.
- HAGASHI (T.), OGIWARA (K.). — The strength and elongation of raw silk under various conditions. *The Bull. of Séri. and Silk Ind. Japan*, vol. IV, n° 3, 1932.
- HARDY (E.). — Microscopic examination of rayon and silk. *Silk Journ. and Rayon World*, p. 18-20, août 1941.
- HARZ (C. O.). — Eine neue Züchtungsmethode des maulbeerspinner *Bombyx mori* L. mit einer krautartigen pflanze. Stuttgart. Ed. de Ferdinand Enke, p. 51, 1890.
- HIRATSUKA (E.). — Researches on the nutrition of *Bombyx mori* L. *Imp. Séri. Expt. Stat.*, vol. 2, n° 4, 1917.
- HIRATSUKA (E.). — Researches on the nutrition of the silkworm. *Imp. Séri. Expt. Stat.*, vol. 1, n° 3, 1920.

- HSUECH (T. Y.), TANG (P. S.). — Physiology of the silkworm. Growth and respiration of *Bombyx mori* during its entire life cycle. *Physiol. Zool.*, n° 17, p. 71-8, 1944.
- IKEDA (H.). — Sangyo Shimpō. *Japanisch*, 202, 1910.
- IKEDA (S.), MARUYAMA (K.). — On the reduction of food values of the withered-mulberry leaves for silkworm. *The Bull. of Seri. and Silk Ind. Jap.*, vol. IV, n° 3, 1932.
- INOUE (R.). — Contribution to the study of the chemical composition of silkworm on different stages of its metamorphosis. *Journ. of Coll. Agr.*, Tokio, vol. V, n° 1, 1912.
- INOUE (R.), IWAOKA (S.). — Amino acides de la feuille (en jap.). *Nogaku Kaiho*, 171, 778, 1916.
- INOUE (R.), IWAOKA (S.), HIRASAWA. — A comparative study of the amino acids contained in various silks and mulberry leaves. *Bull. Uyedo Seri. College*, 1, h, 1, 1920.
- INOUE (R.), KITASAWA (K.). — *Bull. Seri. and Silk Ind.*, 2, n° 2, 1930.
- INOUE (R.), KITAZAWA (K.). — On a new method of determination of the maturity of mulberry leaves. *Bull. Seri. and Silk Ind.*, 2, 5, 1930.
- IVANOFF (V. F.). — Méthodes d'examen des cocons et du fil de soie (en russe). *Stat. Cent. Rech. Seri.*, 3, n° 1-4, p. 33-51, 1928.
- JENDA. — Introduction à la culture du mûrier. *Uyedo Seri. College*, 1930.
- JUCCI (C.). — Sulla curva del sviluppo del baco da seta. *Boll. Lab. Zool. Gén. Agr. Portici*, vol. XVI, p. 59-136, 1922.
- JUCCI (C.). — Come risolvono i bachi il problema della sviluppo. *Arch. Zool. Ital.*, vol. XI, p. 179-97, 1926.
- JVIRBLISS (J.). — Corrélation entre certaines propriétés du cocon du ver à soie (en russe). *Soie de l'Asie Centrale, Tachkent*, fasc. I, p. 122-7, 1928.
- KAFIAN (A. G.). — Bases de l'étude de la méthode biologique des élevages d'après la qualité de la feuille de mûrier (en russe). *Travaux de Rech. Sci. de Tbilissi, Inst. Géorgien de Sér.*, p. 69-114, 1955.
- KANEKO (H.), KURASAWA (T.). — On the growth of the dry matter and water content in the silk gland and the some properties of the aqueous solution of liquid silk. *Bull. Seri. and Silk Ind. Jap.*, Uyeda, 4, p. 12-6, 1932.
- KARLAK (E. V.). — Influence de la nourriture sur la constitution dynamométrique des cocons du ver à soie du chêne (en ukrainien, résumé en russe). *Sci. Expt. Inst. Ent.-Phyto-Path.*, t. I, 1950.
- KAWASE (S.). — Cambiamenti chimici accompagnanti la sviluppo delle toghe del gelso. *L'Italia Séricola*, n° 6, p. 9, 1914.
- KAWASE (S.). — Indigérabilité des fibres végétales par le ver (en japonais). *N. gaku Kwaih.*, 114, 9, 1914.
- KAWASE (S.). — Carbohydrates in the mulberry leaves. *J. Chem. Soc. Jap.*, 35, p. 249-94, 1918.
- KAWASE (S.). — Indigérabilité des fibres végétales par le ver (en japonais). *N. gaku Kwaih.*, 136, 21, 1923.
- KAWASE (S.), NAKANE, OOFUSI, SHIKI. — D'après l'ouvrage de TATSUOGORO : « *Traité sur le Bombyx* ». Tokio, 1928.
- KELLNER (O.). — Chemische Untersuchungen über die Entwicklung und Ernährung des Seidenspinners *Bombyx mori* (unter mitwirkung von T. Sako und I. Sawano). *Die Landwirth, Versuchs Stationen*, Bd XXX, p. 59, 1884.
- KISHI (Y.). — Chemical composition of mulberry leaves. *Bull. Soc. Kaitoku Terkulura Kjusu Dys. Univ.*, 4, 173, 1931.
- KISHI (Y.). — Chemical composition of mulberry leaves. I. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, 9, 49-54, 1933.
- KISHI (Y.). — Constituents of mulberry leaves. Proteins of the mulberry leaves. Proteins metabolism of silkworm feed with mulberry leaves soluble carbohydrates. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, n° 9, p. 222-31, 1933.

- KISHI (Y.). — II. Quantitative changes of proteins contained in the mulberry leaves during maturation. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **9**, p. 397-412, 1933.
- KISHI (Y.). — Proteins of mulberry leaves. III. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **9**, p. 539, 1933.
- KISHI (Y.). — Proteins of mulberry leaves. IV. Digestibility of proteins of mulberry leaves. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **9**, p. 1347-57, 1933.
- KISHI (Y.), YONEKICHI (A.), YOKOTA (S.). — Proteins of mulberry leaves. V. Quantitative changes of total protein in fresh mulberry leaves during maturation. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **9**, p. 1356-433, 1933.
- KISHI (Y.). — *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **10**, 767, 1934.
- KISHI (Y.). — Proteins of mulberry leaves. The proteins of mulberry leaves retained by the silkworm and those converted to silk. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **10**, p. 1204-10, 1934.
- KISHI (Y.). — The constituents of mulberry leaves. XI. Comparative study on the distribution of amino acids of the mulberry leaf proteins. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **12**, p. 348-62, 1936.
- KISHI (Y.). — Applied studies on the soluble carbohydrates in the mulberry leaves. Part. I. (en jap.). *Bull. of the Fac. of Text. Fibers, Kyoto*, vol. I, n° 1, p. 73-7, 1954.
- KISHI (Y.). — Applied studies on the soluble carbohydrates in the mulberry leaves. Part. II. (en jap.). *Bull. of the Fac. of Text. Fibers, Kyoto*, vol. I, n° 1, p. 78-85, 1954.
- KISHI (Y.), OTA (Y.), DATE (T.). — Applied studies on the soluble carbohydrates in the mulberry leaves. Part. V. (en jap.). *Bull. of the Fac. of Text. Fibers, Kyoto*, vol. I, n° 2, p. 301-8, 1955.
- KISHI (Y.). — Studies on the changes of the properties of cocoon silk by the difference of mulberry leaves mainly in the constituents of the leaves in accordance with the growth. Part I. On the changes of the length, the mean size and the deviation of partial size for the mean size of cocoon silk from outside layer to inside layer of cocoon by the difference in the growth of the leaves. *Bull. of the Fac. of Text. Fibers, Kyoto*, vol. I, n° 3, p. 63, 1956.
- KISHI (Y.). — On the changes of chemical constituents of cocoon silk by the difference in the constituents of the mulberry leaves in accordance with the growth of the leaves. *Bull. of the Fac. of Text. Fibers, Kyoto*, vol. I, n° 3, p. 75, 1956.
- KLEBS (G.). — Über die Blütenbildung von *Sempervivum*. *Flora*, **111-112**, 128-51, 1918.
- KOJHANTCHIKOV (L. V.). — Influence des variations saisonnières des feuilles de chêne sur la nutrition et la croissance du ver du chêne *Antheraea pernyi* (en russe). *Dok. Akad. Selskol. Nauk. SSSR*, **11**, p. 32-6, 1948.
- KOMETNANI, TCURADZE. — Composition chimique des feuilles de mûrier et dynamique des changements (en géorgien). *J. Agr. Inst. Grouzin*, **2**, 1933.
- KYOTOKI, KATO. — Digestion of carbohydrates in mulberry leaves by silkworms. Digestion of carbohydrates in mulberry leaves in different stages of the growth. *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **10**, p. 691, 1934.
- LAFON (M.). — Quelques documents sur l'appétit et la consommation alimentaire chez les insectes. *Ann. de la Nutr. et de l'Aliment.*, **5**, p. 485-504, 1951.
- LANDI (E.). — Accrescimento in peso del Bombyce del gelso secondo varietà e condizioni della foglia. *Ann. Stat. Bacol. Sper., Padova*, vol. XLVII, p. 66-8, 1934.
- LEBEDEF. — Analyse chimique de la qualité nutritive des feuilles de mûrier (en russe). *Inst. Séri. de l'Asie Centrale*, 1936.
- LEGAY (J. M.). — Contribution à l'étude biométrique de la croissance des glandes séricigènes chez *Bombyx mori*. *Rev. du Ver à Soie*, t. I et II, vol I, p. 59-64 et 27-52, 1949.

- LEGAY (J. M.). — Note sur l'évolution de la teneur en eau et en cendres au cours de la vie larvaire de *Bombyx mori* L. *Rev. du Ver à Soie*, t. I, vol. III, 1951.
- LEGAY (J. M.). — Le développement, la mue et l'alimentation chez le ver à soie. *Rev. du Ver à Soie*, t. III, vol. II, p. 189, 1951.
- LEGAY (J. M.). — Note sur l'élevage des vers à soie en alimentation continue. *Rev. du Ver à Soie*, t. II, vol. IV, 1952.
- LEGAY (J. M.). — La prise de nourriture chez le ver à soie. (Thèse), Paris, 1955. *Ann. des Epiphyties*, n° hors-série, 1957.
- LEGAY (J. M.), PASCAL (M.). — Sur la possibilité de nourrir le ver à soie, *Bombyx mori* L. avec des feuilles de mûrier cuites et conservées. *C. R. Soc. Biol. et de ses Filiales*, t. CXLIX, n° 13-14, p. 1362-4, juillet 1955.
- LENZ (L.). — Matières minérales de la larve. *Jahresber. Agrikulturchen*, 10, p. 290, 1867.
- LESPERON (L.). — Recherches cytologiques et expérimentales sur la sécrétion de la soie et sur certains mécanismes excréteurs chez les insectes. (Thèse), Paris, 1937. *Arch. Zool. Exper.*, 79, p. 1-156, 1937.
- LEVRAT (D.). — Variations de poids des cocons vivants. *Labo. d'études de la soie de Lyon*, vol. XVI, p. 101, 1919-23.
- LIOSIN. — Contenance en acides organiques non volatils dans les feuilles de *Morus alba*. (en russe). *Botanica Sovietskaia*, 5, 1, 1937.
- LOBASHEV (M. E.). — Rythme journalier de l'activité alimentaire et de la croissance des chenilles du *Bombyx* du chêne. (en russe). *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, vol. 71, n° 4, p. 301-4, 1950.
- LOMBARDI (L.). — Rapporto tra lunghezza e titolo della bava serica. *Ann. della Sper. Agr.*, Roma, 1952.
- LUCIANI LO MONACO. — Sui fenomeni respiratori della crisalide del Bombyce del gelso. *Ricerche preliminari. Boll. Soc. Ent. Ital.*, A, 25, p. 12, 1893.
- LUCIANI LO MONACO. — L'accrescimento progressivo in peso ed in azoto della larva del Bombyce del gelso in ordine all'alimentazione occorrente nelle successive età. *Rend. Acc. dei Lincei seduta del 7 marzo*, vol. VI, série V, p. 155-62, 1897.
- LUTMANN (B. F.). — Variation journalière de la teneur en certains éléments de la feuille de pomme de terre. *Ann. J. Botan.*, t. VI, p. 195, 1919.
- MACHIDA (M.). — On the secretion of the silk substance in the silkworm (*Bombyx mori* L.). *Journ. of the College of Agri., Imp. Univ. of Tokyo*, *Jap.*, vol. IX, n° 2, p. 119, 1927.
- MAILLOT (E.), LAMBERT (F.). — Traité sur le ver à soie du mûrier et sur le mûrier. Montpellier, 1906.
- MAKAREVSKAYA (E. A.). — Caractéristiques anatomo-physiologiques de la feuille de mûrier en fonction de son âge (en russe). *Akad. Sci. URSS*, vol. II, 25, 17, 197-203, 1945.
- MANUNTA (C.). — Sulle variazioni della proporzione dei due costituenti del secreto serico, fibroina et sericina durante lo sviluppo delle ghiandole in varie razze di *Bombyx mori*. *Boll. Soc. It. Biol. Sper.*, p. 32-3, 1937.
- MARTOURET (D.). — Observations éthologiques préliminaires sur l'activité de filage du cocon des Hyponomeutes. *Bull. de la Soc. Ent. de France*, t. 62, n° 3-4, p. 67-70, mars-avril 1957.
- MATTHEWS. — Textile fibers. Fifth ed., Wiley (J.) New York, Chapman and Hall, London 1948.
- MATHER (R.). — *Biometrical Genetics*, 1949.
- MAUME (L.), DULAC (J.), BOUAT (A.). — Dosage rapide et précis de N, P, K, Mg, Ca, par semi-microanalyse. *Ann. Ecole Nat. d'Agri. de Montpellier*, t. XXIII, fasc. I, p. 1-43, 1934.
- MAURIN (A.). — Éducation de vers à soie faite en automne avec de la feuille tombante. *Ann. Soc. Séri.*, n° 3, p. 188, 1839.



- MAZIARSKI (S.). — Recherches cytologiques sur les phénomènes sécrétoires dans les glandes filières des larves des Lépidoptères. *Arch. f. Zellforsch.*, Bd. VI, 1912.
- MAZINGUE (M.). — Variation de la résistance et du diamètre le long de la fibre de laine. *Note dactylographiée*, 1956.
- MERCER (E. H.). — The fine structure and biosynthesis of silk fibroin. *Australian Journ. of Sci. Research*, vol. 5, n° 3, p. 366-73, 1952.
- MOSER (A.). — (Voir VERNON, 1917).
- MURASE (R.). — Physicochemical properties. I. Relation between the amount of crystalline part and the physicochemical properties (en jap. résumé en anglais). *Journ. Soc. Text. Cellulose Ind.*, vol. 5, p. 217-9, 1952.
- MYERS (A. T.). BRUNSTETTER (B. C.). — Spectrographic determination of mineral composition of the tung leaf as influenced by the position on the plant. *Proc. Amer. Sci. hort. Sci.*, **47**, p. 169-74, 1946.
- NAKAHARA (W.). — On the physiology of the nuclei as seen in the silk gland cells of certain insects. *Journ. morph.*, vol. 29, 1917.
- NENCI (F.), ZANONI. — I bachi da seta. Milano, 1922.
- OKABE (Y.). — Studies on the hardness of mulberry leaves. *Bull. of Seri. and Silk Ind.*, vol. VIII, n° 1-2, 1935.
- OGIWARA (K.), SOYA (K.). — Microscopical studies on the shape of cocoon fibre. *The Bull. of Seri. and Silk Ind.*, vol. XI, n° 2, 1938.
- OGIWARA (K.), INAGAKI (B.). — Studies on the spinning mechanism of silkworm. II. On the relation between the shape and size of cocoon fibre with the shape of spinneret and weight of the silk gland. *Fac. of Text. and Seri. Shinshu Univ.*, n° 2, Ueda, Japan, 1952.
- OGIWARA (K.). — Studies on the lousiness on silk. *Jour. of the Fac. of Text. and Seri. Shinshu Univ.*, série B, n° 2, 1952.
- OGIWARA (K.). — Studies on the spinning mechanism of silkworm. III. On the relation between the shape of cocoon fiber and form of spinneret. *Research Reports of the Fac. of Text. and Seri. Shinshu University*, n° 4, p. 60-65, Japan, 1954.
- ONO (M.). — Studies on the growth of the silk gland cell in silk worm larvae. *Bull. Seri. Expt. Stat.*, Suginamiku, Tokio, vol. 13, n° 6, p. 299, 1951.
- ORLANDI (L.). — Percentuale di sericina in bozzoli di diverse razze e incroci di *Bombyx mori* L. *Ann. della Sper. Agr.*, Rome, vol. VIII, n° 2, p. 369-76, 1954.
- ORLANDI (L.). — Percentuale di sericina nei diversi strati del bozzoli di *Bombyx mori* L. *Ann. Sper. Agr.*, vol. VIII, n° 6, p. 1881, 1954.
- ORLANDI (L.). — Speciale comportamento quantitativo della sericina in una razza di *Bombyx mori* L. *Ann. Sper. Agr.*, vol. X, n° 1, p. 105-107, 1956.
- PAILLOT et NOEL. — Sur la participation du noyau à la sécrétion de la soie chez le *Bombyx* du mûrier. *C. R. Soc. Biol.*, t. XCVII, p. 764, 1927.
- PAILLOT et NOEL. — Recherches histophysiologiques sur les glandes séricigènes et les pigments des larves d'insectes (*Bombyx mori* et *Pieris brassicae*). *Bull. Hist. Appl.*, n° 2, 1928.
- PASCAL (M.). — *Podospermum laciniatum* (L.) D.C., nouveau succédané du mûrier utilisable pour l'élevage du ver à soie, *Bombyx mori* L. *Rev. du Ver à Soie*, t. III, vol. VIII, p. 217-8, 1956.
- PELIGOT (E.). — Études chimiques et physiologiques sur les Vers à soie. Paris, Imp. de M<sup>me</sup> Vve Bouchard-Huzard, 5 rue de l'Éperon, 1953.
- PELIGOT (E.). — Études chimiques et physiologiques sur les Vers à soie. Paris, Imp. de M<sup>me</sup> Vve Bouchard-Huzard, 5 rue de l'Éperon, 1865.
- PIGORINI (L.). — Studi sulla foglia di gelso. Sulla composizione chimica della foglia di gelso al mattino ed alla sera. *L'Italia Sericola*, n° 6, p. 11, 1914.
- PIGORINI (L.). — Osservazioni sulla variabilità dei pesi di larva e bozzoli di *Bombyx mori*. *Inform. Seriche*, Roma Manuzzio, Roma, II, 1915.

- PORTIER (P.). — La biologie des Lépidoptères. Paul Lechevalier, Ed. Paris, 6<sup>e</sup>, 1949.
- POYARKOF (E.). — La surface relative du cocon comme principe de sélection (en russe). *Soie de l'Asie Centrale, Tachkent*, fasc. I, p. 120, 1928.
- PRZIRIBRAM (H.), MEGUSAR (F.). — Wachstumsmessungen an *Sphodromantis bicoculata*. *Arch. Entw. Mech.*, **34**, 680-741, 1912.
- QUAJAT (E.), JORDANOFF (G.). — Studio comparativo fra la foglia di quattro varietà di gelsi ed influenza della medesima sull'alimentazione di bachi. *Boll. Mensile di Bachicoltura*, n° 9-10, 1894.
- RANDOIN (L.), LEGALLIC (P.), CAUSERET (J.). — Table de composition des aliments. Imp. Georges Frères, Tourcoing.
- RAUCH (W.). — Mechanisch Untersuchungen an naturseide. *Seidenbau-forschung*, 1942.
- RAULIN (J.). — Relations entre les propriétés des cocons. *Labo. études soie*, Lyon, p. 73, 1893.
- RAULIN (J.). — Étude du cocon de *Bombyx mori* au point de vue des qualités industrielles de la soie. *Labo. études soie*, Lyon, p. 1, 1895.
- ROBINET (M.). — Mémoire sur la filature de la soie, 1839.
- ROBINET (M.). — Sur le mûrier, 1<sup>er</sup> mémoire, 1840.
- ROBINET (M.). — Sur le mûrier, 2<sup>e</sup> mémoire, 1841.
- ROJDESTVENSKY. — (En russe.) *Bull. Inst. Ped. Moscou*, **21**, cahier 4, III, 1940.
- ROLLOF (E.). — Valeur alimentaire des feuilles de diverses variétés de mûrier blanc en relation avec leur composition chimique (en russe). *Nouvelles Stat. Seri. Caucase*, **3**, 9, 1913.
- ROSTAND (J.). — La vie des Vers à soie. Imp. Chantenay, Paris, p. 35, 1943.
- ROUGEOT (G.). — La mesure du diamètre des brins de laine. *Ann. de l'INRA*, n° 4, p. 365-76, 1953.
- RUSSO (G.). — La curva di sviluppo di un coleottero xilofago : il *Chaetoftaelius vestitus* (Muls. Rey) Fuchs. *Rend. Acc. Lincei Seri.*, **6**, a, vol II, p. 286-91, 1925.
- SACCHI (R.). — Relazione fra l'ora di raccolta della foglia del gelso e il prodotto in seta del filugello. *Inform. Seriche*, **6**, p. 61-3, 1919.
- SCALABRONI (W.). — Tecnica per l'esame delle sfibrillamento nei bozzoli del baco da seta. *Ann. Sper. Agr.*, 1954.
- SCATIZZI BRANCHINI. — L'accrescimento delle cellule delle ghiandole serigene nel corso dell'età in *Bombyx mori* L. *Boll. Soc. Ital. Sper.*, n° 12, p. 632, 1937.
- SHEELIE (W.). — Über die Struktur der Naturseide und ihre dynamometrischen Eigenschaften. *Seidenbau-forschung*, n° 2, 1940.
- SCHENK (A.). — Essais et contribution en vue de la recherche du dimorphisme ovulaire lié au sexe chez *Bombyx mori* L. *Actes du VII<sup>e</sup> Congr. Séri. Int.*, Alès, p. 697-706, 1948.
- SCHENK (A.), FRAISSE (R.). — Variations du diamètre des baves filables des principaux types français de cocons de *Bombyx mori* L. *Bull. Inst. Text.*, n° 33, p. 21-32, juin 1952.
- SEREBRENNIKOV (M. I.). — Variabilité du poids des chenilles de *Bombyx mori* (en russe). *Stat. Rech. Seri. Moscou*, t. II, n° 1-2, p. 33, 1927.
- SERENKOV, SMIRNOVA, CHERNYKL. — Biochemical investigation on the nutrition of the silk moth *Antheraea pernyi* Mguer. *Bull. Soc. Naturalistes Moscou*, **49**, n° 3, 4, 17, 28, 1940.
- SESTINI (F.). — Ricerche sulla composizione chimica della foglia del gelso. *Boll. Ass. Agri. Friul.*, XVI, 1872.
- SESTINI (F.). — Sulla composizione chimica delle foglie del gelso. *Lab. Chim. Agri. Un. Pisa*. Fasc. 19, 1903.
- SHINODA (O.). — On the biochemistry of the wild silk moth *Dictyoploca japonica* (Morre). I. Chemical development with growth of the wild silk moth. *Memoirs of the College of Sci. Kyoto Imp. Univ.*, Series A, vol. IX, n°3, p. 225. Kyoto 1925.



- SHIRO (O.). — Nature of the nave and quality of the raw silk. *Tokyo Univ. of Agri. and Technology*.
- SILBERMANN (A. K.). — *Die Seide*, n° 1, p. 196, 1897.
- SNEDECOR (G. W.). — Statistical Methods. *Iowa State College Press. Ames (Iowa)*, 1950.
- STANESCU (P.). — Les variations quantitatives des substances hydrocarbonées dans les feuilles des plantes vertes au cours d'une journée. *C. R. Acad. Sci.*, 11 janv. 1926, t. 182, p. 154, janv.-juin 1926.
- STILES (W.). — An introduction to the principles of Plant physiology. *Methuen and Cie.*, Londres, 615 p., 1936.
- SUZUKI (U.). — The composition of mulberry leaves at different periods of feeding. *Imp. Seri. Expt. Stat.*, vol. 5, n° 1, 1920.
- SUZUKI (U.). — *Sanshi Graphic*, 2, 5, 1925.
- TAKAHASHI (T.). — Tanaka kaikoseirikowa (en jap.), 166, 1930.
- TARGIONI-TOZZETTI. — Relazione sopra la seta moogha della Indie, 1867.
- TAYLOR (I. R. J.). — Oxygen consumption during metamorphosis : Dipt. and Lep. *J. Morph.*, 44, p. 313-39, 1927.
- TAZIMA (Y.). — Modifications de la capacité de sélection nutritive des vers à soie par mutations artificielles. *Bull. de l'Assoc. Int. de la Soie*, 20, p. 27-9, 1954.
- TAZIMA (Y.), OSHITARI (Y.). — Appareil automatique pour la discrimination du sexe des graines des vers à soie. *Bull. de l'Assoc. Int. de la Soie*, 21, p. 41-3, 1954.
- TAZUNO (M.). — On the specific gravity of silk gland of silkworms. *Bull. Seri. and Silk Ind. Jap.*, vol. IV, n° 3, 1932.
- TCHIKNILADZE (P. Z.), TKECHELOCHVILI (J. C.). — Recherches empiriques actuelles des longueurs et des poids de la chenille à soie du mûrier (en russe, résumé en anglais). *Inst. Transcaucasien de Rech. Sci. pour la Séri. et la Soie*, Tiflis, fasc. I, p. 3-9, 1931.
- TEISSIER (G.). — Discontinuité et indéterminations dans la croissance biochimique de *Galleria mellonella*. *Bull. Soc. Biol.*, n° 23, p. 859, 1930.
- TEISSIER (G.). — Recherches morphologiques et physiologiques sur la croissance des Insectes. *Thèse Sci.*, Paris, Presses Univ., 1931.
- THEODOROFF. — Le mûrier et sa culture (en russe). Tachkent, 1932.
- TIMON-DAVID (J.). — Notes sur la physiologie du ver à soie, digestion, nutrition, pigments, vitamines. *Actes du VII<sup>e</sup> Congr. Séri. Int.*, Alès, Rap. LXXXIII, p. 735-47, 1948.
- TONON (A.). — Lavoro in corso per il miglioramento della rendita del bozzoli. *Agri. delle Venetie*, febbraio 1953.
- URECH. — *Zool. Anz.*, 13, 254, 1890.
- URECH. — *Zool. Anz.*, 13, 272, 1890.
- URECH. — Détermination du poids des chrysalides de Lépidoptères pendant leur transformation. *Arch. Sci. Phys. et Nat.* (Genève), t. 12, p. 503-4, 1901.
- UMEYA (Y.). — Studies on the silk glands of the silkworm. *The Bull. Séri. Expt. Stat.*, Chosen., n° 1, p. 27-48, 1926.
- VAGO (C.). — Étude sur les causes des insuccès dans les élevages d'été des vers à soie. *Rev. du Ver à Soie*, t. II, vol. III, p. 113-21, 1951.
- VAGO (C.). — Facteurs alimentaires et activation des virozes latentes chez les insectes. *Atti. del VI Congr. Int. di Microbiologia*, Roma, vol. 5, Sez. XVI, p. 556-64, 6-12, sept. 1953.
- VAGO (C.). — L'enchaînement des maladies chez les insectes. (*Thèse*), Marseille, 1956. Ed. Spec. Com. Séri. Int., mai 1956.
- VAN DER KLOOT (W. G.), WILLIAMS (C. M.). — Cocoon construction by the cecropia silkworm. I. The role of external environment. *Behaviour Nederl.*, 5, p. 141-57, 1953.

- VAN DER KLOOT (W. G.), WILLIAMS (C. M.). — Cocoon construction by the cecropia silkworm. II. The role of internal environment. *Behaviour Nederl.*, 5, n° 3, p. 157-74, 1953.
- VENEROSO (A.). — Ricerca degli zuccheri riduttori nella foglie di alcune varietà di gelsi. *Boll. R. Staz. Sper. Gels. Bac. n.*, Ascoli Piceno, p. 94, 1931.
- VENEROSO (A.). — Détermination de la valeur moyenne de l'angle foliaire, des cendres et du Mn dans quelques variétés de *M. a.* (note préliminaire). *Boll. R. Staz. Sper. Gels. Bac.*, Ascoli Piceno, V, XVI, n° 4, Luglio, 1937.
- VENEROSO (A.). — Determinazione del valore medio dell'angolo fogliare delle ceneri e del manganese in alcune varietà di *Morus alba* L. *Ann. della Sper. Agr.*, vol. XXXV, Roma, 1939.
- VENEROSO (A.). — Contributo alla biologia del gelso. *Staz. Sper. Gels. Bac.*, Ascoli Piceno, Ital., 1948.
- VENEROSO (A.). — Sul potere digestivo della larva del *Bombyx mori* L. *Ann. Sper. Agr.*, Roma, 1955.
- VERSION (E.). — Foglia primaverile e autunnale. *Ann. R. Staz. Bac.*, Padova, 1874.
- VERSION (E.). — Il filugello e l'arte di governarlo. *Soc. Ed. Libr.*, Milano, 1917.
- VILLARD (M. C.). — L'éducation des vers à soie, *Bombyx mori*, avec la feuille de scorsonère. *Bull. des Soies et Soieries*, n° 3675, p. 23, 1955.
- VOY (A.). — La croissance pondérale du Phasme (*Carausius morosus*) au cours des deux derniers âges larvaires et de la vie imaginale. *C. R. Acad. Sci.*, t. 231, p. 377, 1950.
- VOY (A.). — Le développement embryonnaire larvaire et la croissance pondérale du Phasme (*Clonopsis gallica* Charp.). *C. R. Acad. Sci.*, t. 235, n° 21, p. 1338-40, 1952.
- WATANABE (A.), ONO (H.). — Sur la valeur du pH et l'humidité des feuilles de mûrier suivant l'ordre de leur disposition sur la branche (en jap.). *Shira Kew.*, 24, 1929.
- WIGGLESWORTH (V. B.). — The principles of Insect physiology. *Methuen and Co*, London, 1951.

## TABLES DES GRAPHIQUES

1. — Vitesse d'évaporation des feuilles.....	22
2. — Variations de quelques éléments de la feuille de mûrier en fonction du stade physiologique de l'arbre.....	24
3. — Variations de l'indice minéral dans la feuille de mûrier en fonction du stade physiologique de l'arbre .....	25
4. — Courbes pondérales de croissance larvaire.....	35
5. — Influence du sexe sur la croissance larvaire.....	38
6. — Courbes pondérales de croissance des glandes séricigènes....	43
7. — Variations du rapport : poids des glandes /poids des larves..	47
8. — Variations de la teneur en eau des larves et des glandes séricigènes.....	48
9. — Influence de l'alimentation sur les poids de la nymphe et de l'imago .....	51
10. — Influence de l'alimentation sur la perte de poids pendant la vie nymphale .....	51
11. — Influence du sexe sur la perte de poids pendant la vie nymphale.	52
12. — Variations pondérales pendant la vie nymphale.....	52
13. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères du cocon	64
14. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères du cocon (suite) .....	65
15. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères du cocon (suite et fin).....	65
16. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères des produits de filature du cocon.....	77
17. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères des produits de filature du cocon (suite).....	77
18. — Influence de l'alimentation et du sexe sur les caractères des produits de filature du cocon (suite et fin).....	82
19. — Poids relatifs des produits de filature du cocon.....	82
20. — Variabilité du diamètre en des points très voisins.....	92
21. — Variabilité du diamètre en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).....	92
22. — Variations du diamètre et du titre des baves (schémas types).	94
23. — Variations du diamètre le long du fil.....	94
24. — Variations du diamètre des fibres de soie selon l'alimentation de la larve.....	96
25. — Variations de l'aplatissement le long du fil.....	99
26. — Variations du titre le long du fil.....	107
27. — Variations du titre des fibres de soie selon l'alimentation de la larve .....	109
28. — Courbe force-allongement d'une fibre textile (schéma).....	110
29. — Courbe force-allongement enregistrée à l'aide du microdynamomètre Schopper (schéma).....	115

30. — Variabilité de la charge de rupture en des points très voisins..	117
31. — Variabilité de la charge de rupture en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).....	117
32. — Variabilité de l'allongement de rupture en des points très voisins.	118
33. — Variabilité de l'allongement de rupture en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).....	118
34. — Variabilité de la charge au point d'inflexion en des points très voisins .....	119
35. — Variabilité de la charge au point d'inflexion en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).....	119
36. — Variabilité de l'allongement au point d'inflexion en des points très voisins.....	120
37. — Variabilité de l'allongement au point d'inflexion en des points très voisins (en p. 100 de la valeur la plus faible).....	120
38. — Variations de la charge de rupture le long du fil.....	122
39. — Variations de la charge au point d'inflexion le long du fil....	122
40. — Variations de l'allongement de rupture le long du fil.....	123
41. — Variations de l'allongement au point d'inflexion le long du fil..	123
42. — Variations de la ténacité de rupture le long du fil.....	120
42 bis. — Variations de la charge de rupture d'une fibre de soie en fonction de son titre.....	120
43. — Variations du coefficient de charge utile le long de la fibre de soie .....	130
44. — Variations de la ténacité utile le long de la fibre de soie....	130
45. — Variations du coefficient d'allongement utile le long de la fibre de soie.....	131
46. — Variations du coefficient d'allongement élastique le long de la fibre de soie.....	132
47. — Variations du coefficient d'allongement élastique spécifique le long de la fibre de soie.....	133
48. — Variations des propriétés dynamométriques des fibres de soie en fonction du régime alimentaire de la larve.....	135
49. — Variations de la charge au point d'inflexion des fibres de soie en fonction du régime alimentaire de la larve.....	135
50. — Variations du coefficient d'allongement élastique spécifique en fonction du régime alimentaire de la larve (moyenne).....	139
51. — Variations de la richesse en sérécine le long de la fibre de soie..	141
52. — Variations de la richesse en sérécine le long de la fibre de soie..	142
53. — Variations de la teneur en sérécine selon la couche du cocon....	144
54. — Variations de la teneur en sérécine des fibres de soie selon l'ali- mentation de la larve.....	144
55. — Variations du taux de lousiness des fibres de soie selon l'ali- mentation de la larve.....	151
56. — Influence du régime alimentaire du ver à soie sur les princi- paux caractères du cocon et de la fibre de soie.....	191

## TABLES DES FIGURES

I. — Préhension de la feuille à la naissance.....	28
II. — Préhension de la feuille au milieu du second intermue....	30
III. — Les dimensions du cocon.....	62
IV. — Volume des cocons en fonction de l'âge de la feuille de mûrier utilisée par les vers à soie.....	66
V. — Schéma théorique de la bave.....	86
VI. — La fibre de soie vue au microscope.....	87
VII. — Comparaison entre les fibres de soie filées par la larve et celles résultant d'un filage forcé.....	103
VIII. — Schéma du microdynamomètre Schopper.....	113
IX. — Lousiness des cocons (barème de cotation).....	149



## TABLES DES DONNÉES NUMÉRIQUES

1. — Variations de quelques éléments de la feuille de mûrier en fonction du stade physiologique de l'arbre.....	167
2. — Variations de quelques éléments de la feuille de mûrier en fonction de sa position sur le rameau.....	168
3. — Analyse des feuilles juvéniles de laitue (en p. 100 de matière fraîche) .....	168
4. — Analyse des feuilles juvéniles de laitue (en p. 100 de matière sèche).....	168
5. — Principales caractéristiques de différents élevages.....	168
6. — Caractères analytiques des feuilles de mûrier ingérées par les vers à soie.....	169
7. — Influence de l'âge et de l'état de fraîcheur de la feuille de mûrier sur le poids de nourriture absorbée.....	169
8. — Variations des pentes des courbes de croissance larvaire en fonction du régime alimentaire.....	170
9. — Croissance larvaire moyenne par repas, en p. 100 du poids au début de l'intermue.....	170
10. — Croissance larvaire relative à chaque intermue (rapport entre le poids maximum et le poids au début de l'intermue).....	170
11. — Poids larvaires moyens journaliers et degré de dispersion de la population (1 <sup>er</sup> et 2 <sup>e</sup> intermue).....	171
12. — Poids larvaires moyens journaliers et degré de dispersion de la population (3 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> intermue).....	172
13. — Poids larvaires moyens journaliers et degré de dispersion de la population (5 <sup>e</sup> et 6 <sup>e</sup> intermue).....	173
14. — Croissance larvaire à l'intérieur de chaque intermue, par rapport à la naissance.....	174
15. — Durée des intermues et des mues.....	174
16. — Coefficient de variabilité des poids larvaires.....	175
17. — Variations des pentes des courbes de croissance glandulaire et larvaire en fonction du régime alimentaire.....	175
18. — Poids moyens journaliers des glandes séricigènes, et degré de dispersion .....	176
19. — Analyses de variances des caractères morphologiques du cocon, degré de dispersion et fonctions discriminantes.....	177
20. — Analyses de variances des caractères morphologiques du cocon et de la coque, degré de dispersion et fonctions discriminantes....	178
21. — Corrélations dans les groupes entre les caractères morphologiques du cocon.....	179
22. — Analyses de variances de certains caractères du cocon, de la coque et de la fibre de soie.....	180
23. — Analyses de variances des produits de la filature du cocon..	181



24. — Analyses de variances de certains caractères du cocon et de la coque .....	181
25. — Corrélations dans les groupes entre les caractères morphologiques du cocon et ceux des produits de filature pris deux à deux....	179
26. — Évolution du diamètre des fibres de soie au cours de la vie larvaire.....	182
27. — Diamètre des baves ; valeur moyenne des écarts à un même niveau .....	182
28. — Variations du diamètre des baves.....	183
29. — Variations du titre des baves.....	184
30. — Variations de la charge de rupture et de la ténacité de rupture des fibres de soie.....	183
31. — Variations de l'allongement de rupture des fibres de soie....	184
32. — Variations des propriétés dynamométriques des fibres de soie au niveau du point d'inflexion.....	185
33. — Variations de la teneur en sérécine des fibres de soie.....	185
34. — Coefficient de variabilité des caractères de la fibre de soie à l'intérieur d'un même cocon.....	186
35. — Coefficient de variabilité des caractères de la fibre de soie à l'intérieur d'un même cocon (suite et fin).....	186
36. — Coefficient de variabilité des caractères de la fibre de soie entre cocons d'un même lot .....	187
37. — Corrélations entre les caractères pris deux à deux le long d'une même fibre.....	187
38. — Corrélations dans les groupes entre les caractères de la fibre de soie pris deux à deux.....	188
39. — Corrélations dans les groupes entre les caractères morphologiques du cocon et ceux de la fibre de soie pris deux à deux.....	189

---

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 2-7-1959.

---

*Dépôt légal: 3<sup>e</sup> trimestre 1959*

*N<sup>o</sup> d'impression: 311*

